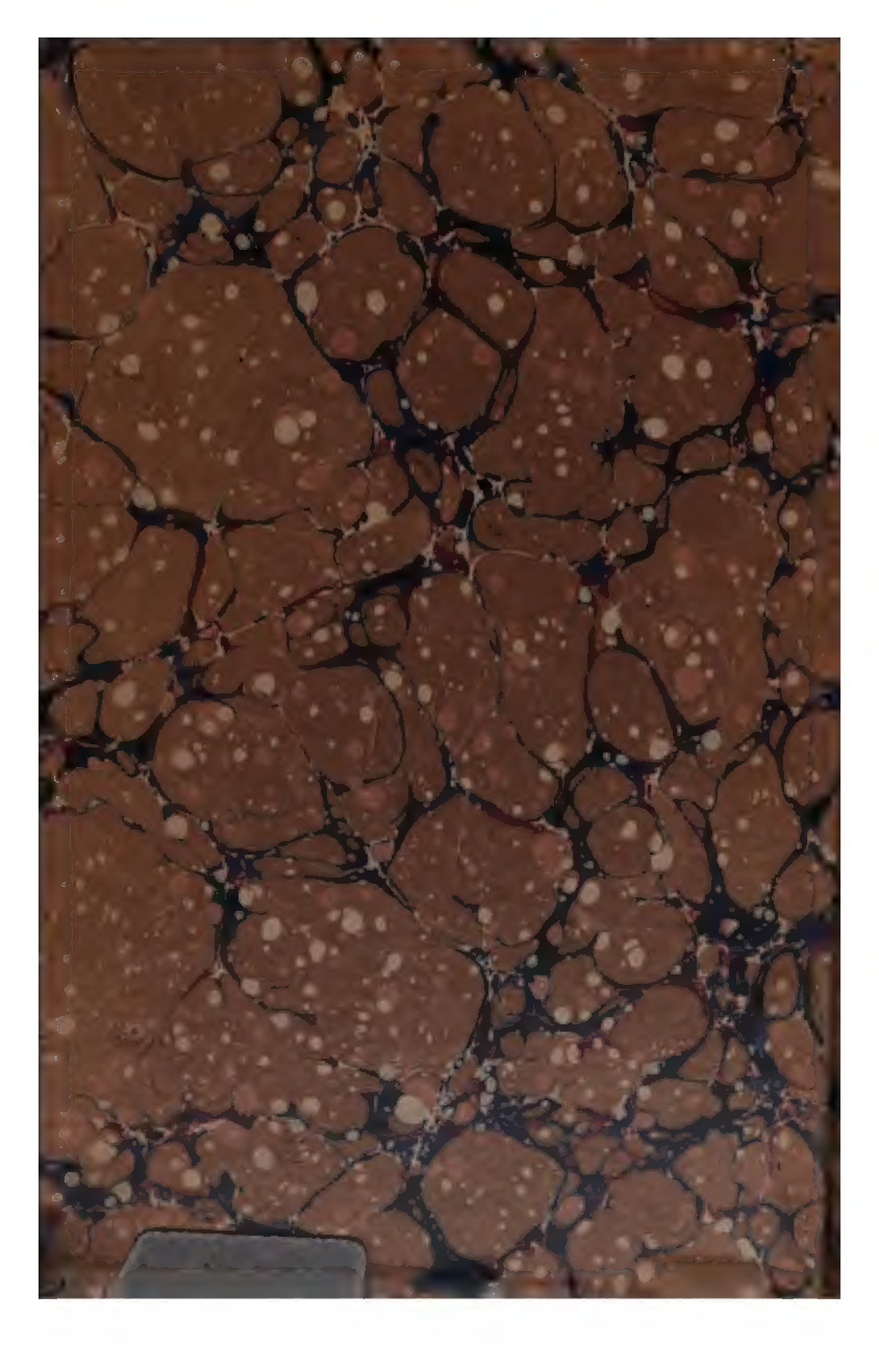
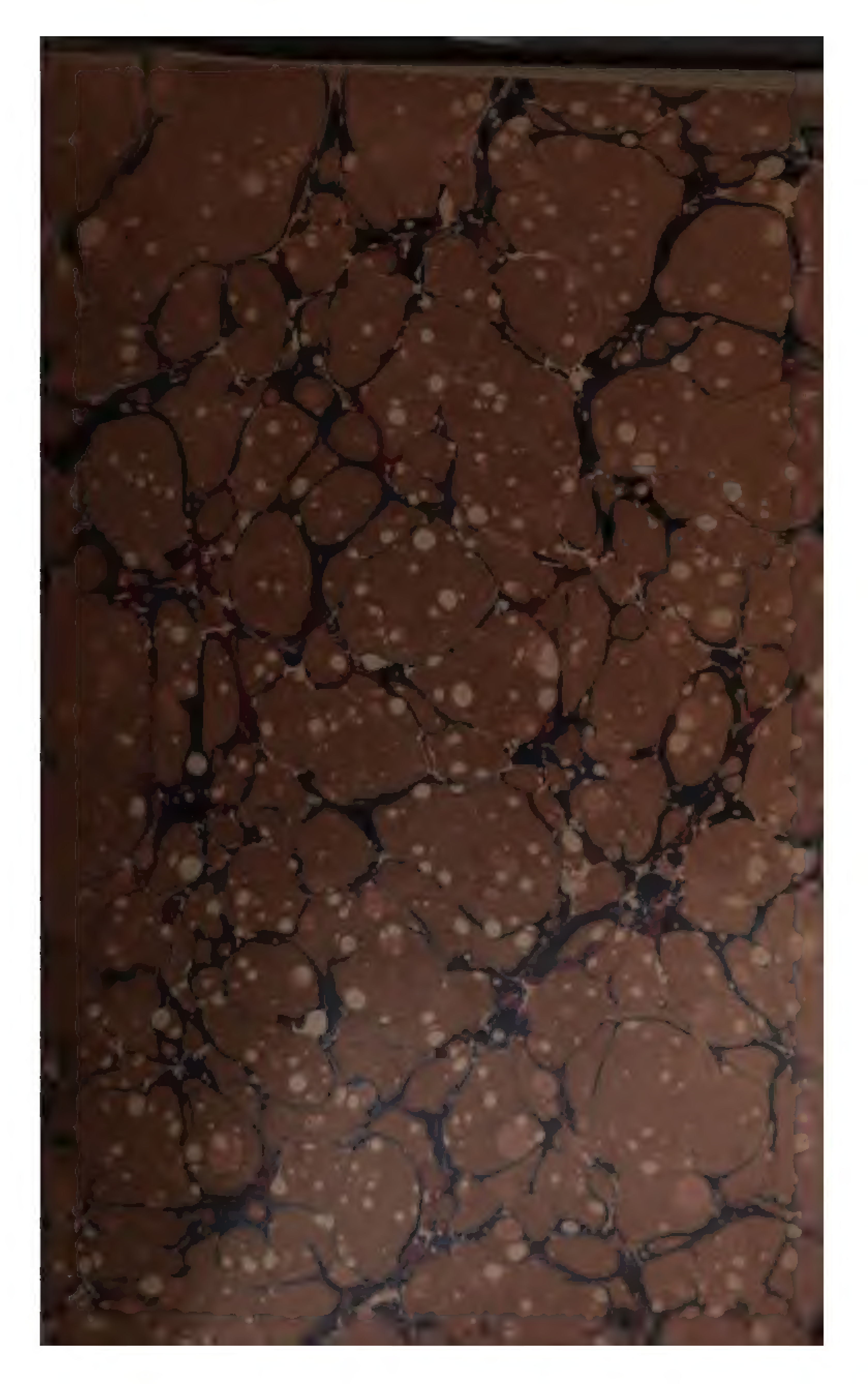


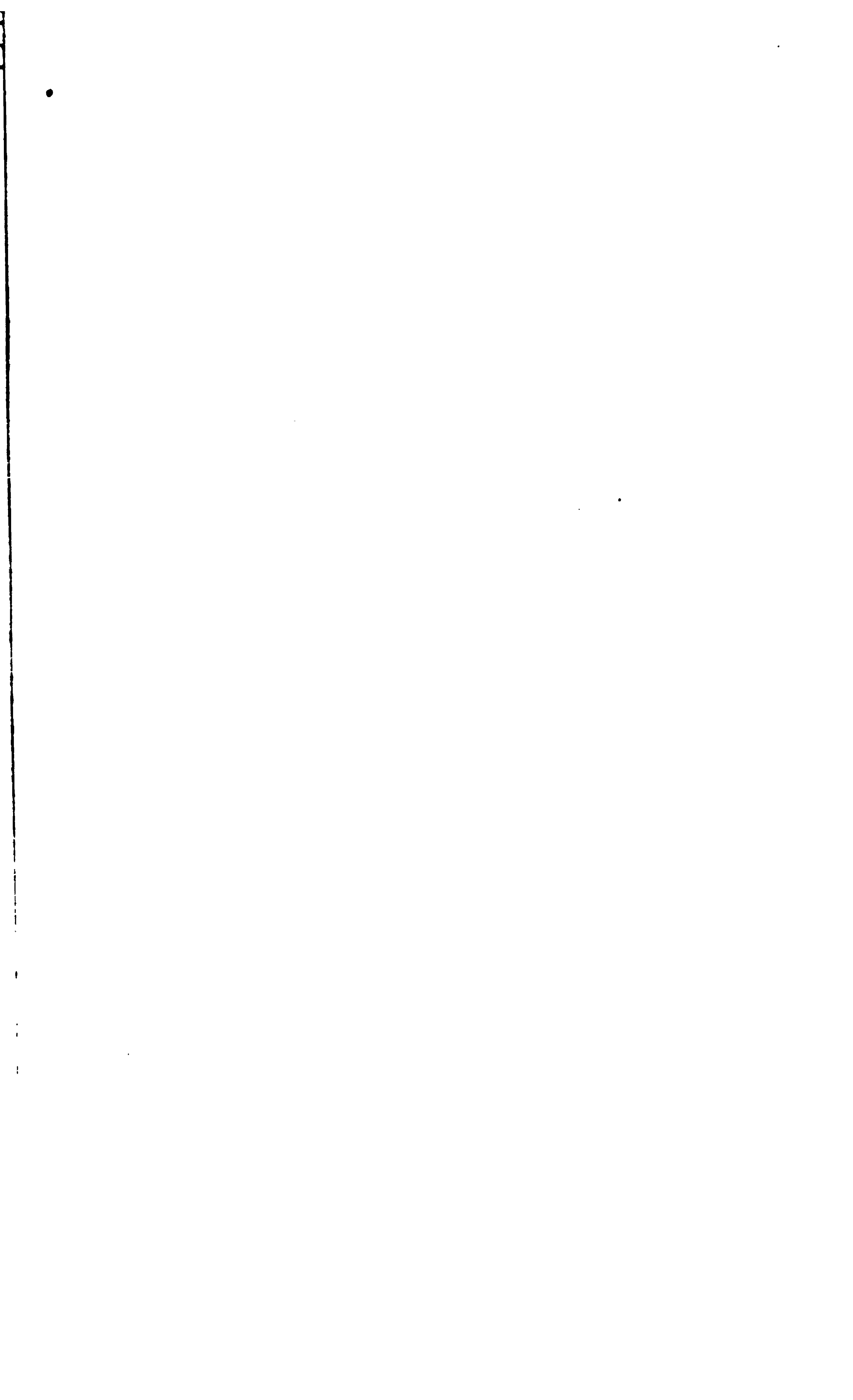












Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweiter Band. Erstes Heft.

Mit sechs zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1876.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).



Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweiter Band.

Mit sechzehn Tafeln.

Breslau 1877.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

Register zum zweiten Bande.

Zelle und Zellkern.

Bemerkungen zu Strasburger's Schrift: „Ueber Zellbildung und Zelltheilung."

Von

Prof. Dr. Leopold Auerbach.

Wenn ein Vertreter der Zoo-Histologie sich erlaubt, an diesem Orte einige kritische Erörterungen in phytologischen Angelegenheiten vorzubringen, so hat er dazu nicht blos einen persönlichen Anlass in dem Umstande, dass seine seit einigen Jahren auf dem Gebiete der Zellentheorie entwickelten Ansichten in der oben genannten wichtigen Schrift eines Botanikers zwar eingehende Berücksichtigung aber trotz äusserlicher Uebereinstimmung mancher Befunde doch im Kern der Sache entschiedene Angriffe erfahren haben, sondern er entnimmt eine höhere Berechtigung daraus, dass es sich in diesem Conflicte um fundamentale Fragen handelt, welche beide Lager der biologischen Forschung gleich sehr interessiren müssen, ja sogar um eine Verständigung über die Grundbegriffe der Zellenlehre, über welche man vielleicht einen Zwiespalt der Meinungen nicht für möglich gehalten hätte.

Wer von der genetischen Einheit der organischen Welt überzeugt ist, oder wer auch nur in abstracterer Weise einen wesentlichen Zusammenhang der pflanzlichen und der thierischen Lebensgesetze anerkennt und dabei berücksichtigt, dass divergirende Entwickelungsrichtungen doch von einer gemeinschaftlichen Grundlage ausgehen müssen, wird zugeben, dass auf biologischem Gebiete in fundamentalen Dingen Uebereinstimmung vorhanden sein, und wo sie für den Augenblick verloren scheint, der Wissenschaft wieder gewonnen werden muss.

Es gab eine Zeit, wo die Forschung dieses Ziel auf ihre Fahne schrieb, jene Zeit nämlich, da die Lehre von den Elementartheilen der thierischen Organismen als eine jüngere Schwester der pflanz-

lichen Zellenlehre ans Licht trat und das berühmte Werk Schwann's geradezu den Titel trug: „Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen.“ Das Streben nach Einklang war damals so gross, dass sich mit dem in raschem Anlaufe erlangten Einblicke in die Formähnlichkeit der Elementargebilde sogar die nämlichen Irrthümer in Betreff ihrer Entwickelung verbanden, welche indessen auf beiden Seiten allmählich in gleichem Sinne berichtigt wurden durch die Erkenntniss des Protoplasma als der primären und wesentlichen Grundsubstanz der Elementargebilde und der Theilung der Zellen als der überaus vorherrschenden Art ihrer Vermehrung. Auch in diesen Punkten wieder war die botanische Forschung immer um einen Schritt der zoologischen voraus, welchem aber letztere in ihrer Art rasch folgte.

Mühsamer kämpften sich einige andere Analogieen durch, in welchen die Thierphysiologie der pflanzlichen Vorbild und wohl von anregendem Einflusse auf diese gewesen ist. So vor Allem der Parallelismus im Processe der geschlechtlichen Befruchtung in beiden Reichen, welcher für das grosse Gebiet der Kryptogamen durch die Entdeckung der in diesem überall vorkommenden selbstbeweglichen Sperma-Elemente fast zur Identität sich erhob. Indem man ferner die Aufnahme von Sauerstoff durch die Pflanzen als einen wesentlichen Factor ihres Stoffwechsels verstehen lernte und an den insectivoren Pflanzen die Fähigkeit constatirte, Eiweiss-Substanzen ganz wie Thiere zu verdauen, wurde selbst in Betreff des Chemismus die Kluft zwischen beiden Naturreichen mehrfach überbrückt.

Freilich mussten auch andererseits im selbständigen Entwickelungsgange beider Zweige der Wissenschaft manche der anfangs angenommenen, namentlich manche histologische Parallelismen wieder geopfert werden oder sich doch wesentliche Modificationen gefallen lassen. Während z. B. von Schwann und noch lange nach ihm die capillaren Lymph- und Blutgefässe der Thiere ihrer Entwickelung und ihrem Bestande nach, ganz analog den pflanzlichen Gefässen, als communicirende Hohlzellen angesehen wurden, ergaben sich jene der späteren Forschung als Intercellulargänge, welche unmittelbar von herumliegendem Gewebe begrenzt, nämlich durch dünne, aber aus platten, kernhaltigen Zellen zusammengefügte Wände eingehüllt sind. Während ferner die pflanzlichen Elementartheile, so weit sie Gewebe constituiren, durchweg Zellen im ursprünglichen Sinne des Worts sind, nämlich von festen oder membranösen Wänden eingefasste Kammern, hat es sich gezeigt, dass im thierischen Organismus die Mehrzahl der so genannten Zellen nackte Protoplasmakörper

bleiben. Und während im Bau der Pflanzen Intercellularsubstanzen nur eine geringe Rolle spielen, liefern im thierischen Körper für den Aufbau ganzer Organsysteme und weit verbreiteter Gewebe, wie der Knochen, der Knorpel, des Bindegewebes u. a. m., Intercellularsubstanzen die Hauptmasse und machen sich neuerdings nicht als Ausscheidungen der Zellen, sondern als unmittelbare Umbildungen der peripherischen Schichten des Zellprotoplasma geltend. Auch andere, für specifische Functionen bestimmte Umwandlungen des Protoplasma finden sich im Thierkörper in einer Häufigkeit und Mannigfaltigkeit, welche dem einfacheren pflanzlichen Organismus abgehen, und nehmen wichtige Studien für sich in Anspruch.

Solche und andere Verschiedenheiten des Materials, die fortschreitende Theilung der Arbeit und die Vertiefung in specielle Probleme, namentlich aus dem an Mannigfaltigkeiten reichen Gebiete der höheren Entwickelungen, haben, wie es scheint, allmählich eine schädliche Entfremdung zwischen beiden Lagern der organischen Naturforschung begünstigt. Die fruchtbare Wechselwirkung ist seit längerer Zeit ziemlich sparsam gewesen, und man dürfte bei den einzelnen Forschern selten viel Interesse selbst für die wichtigsten Arbeiten der Schwesterdisciplin finden.

Eine um so erfreulichere Erscheinung ist in dieser Hinsicht das oben genannte neue Werk Strasburgers, insofern es durch die Berücksichtigung der gemeinsamen Wurzel pflanzlichen und thierischen Lebens und durch vergleichende Untersuchungen über analoge Processe auf beiden Gebieten charakterisirt ist. Auch dies Mal freilich ist der Anstoss von zoo-histologischer Seite ausgegangen. In meinen Studien über die thierischen Zellkerne war ich zu einer Reihe von Erfahrungen und Ansichten über die Entwickelung und die Lebensgeschichte dieser Gebilde gelangt, welche von den in der Histologie herrschenden Vorstellungen in vielen wichtigen Punkten wesentlich abwichen, während es sich fand, dass sie in mancher Hinsicht mit denjenigen Vorstellungen übereinstimmten, welche über pflanzliche Zellkerne Hofmeister gewonnen und in theilweise entsprechender Art auch Sachs in seinem Lehrbuche niedergelegt hat. In meiner bezüglichen Schrift[1]) verfehlte ich nicht auf diese Uebereinstimmung sowie auch auf andere botanische Beobachtungen (Wanderungen der Kerne, Hautschicht des Protoplasma und ihre Beziehungen zur Bildung der Zellmembran) und deren Analogieen mit

[1]) Auerbach. Organologische Studien, 1tes und 2tes Heft, Breslau 1874 bei Morgenstern.

meinen Ergebnissen nachdrücklich aufmerksam zu machen. Diese Hinweisungen fanden nun einen raschen, wenn auch nicht ganz consonirenden Wiederhall in Strasburger's Schrift, aus welcher ich freilich, ebenso wie aus sonstigen mir gewordenen Mittheilungen, ersehen musste, dass die Ansichten Hofmeister's, auf die ich mich berufen hatte, in der Botanik keineswegs durch eine allgemeine Anerkennung fixirt sind. Zu besserem Zusammenklange gaben gleichzeitig noch anderweitige zoologische Beobachtungen Veranlassung. Einige Zeit nach meinen erwähnten Publicationen hatte Bütschli[1]) vorläufige Andeutungen bekannt gemacht über eine von ihm bei der Theilung thierischer Zellen in der Kernregion derselben gefundene Structurerscheinung, welche gänzlich ähnlich ist derjenigen, die bei Pflanzen kurz zuvor Tschistiakoff[2]) als Pronucleus beschrieben hatte, und die ungefähr gleichzeitig Strasburger in vielen Fällen beobachtet und zu einem Hauptgegenstande der Darstellung in seiner bezeichneten Schrift gemacht hat. Durch diese mehrfachen Berührungen verschiedenseitiger Forschungen sah sich Strasburger veranlasst, nicht blos auf die bezüglichen Ergebnisse der Zoologen aufmerksame vergleichende Blicke zu werfen, sondern sogar selbst einen Excurs auf das Gebiet zoologischer Beobachtung zu machen. Namentlich hat er Untersuchungen über die Furchung der Eier von *Phallusia mammillaris* angestellt, und seiner Schrift eine Darstellung derselben einverleibt, in welcher besonders diejenigen Vorgänge, welche die Kerne betreffen, wesentlich conform seinen Ergebnissen an Pflanzen erscheinen.

Wenn man nun die Befunde Strasburger's über die Furchung von *Phallusia mammillaris*, abgesehen von aller Deutung, wie sie als positive Erscheinungen in seinen Abbildungen sich darbieten, in Betracht zieht, so zeigt sich leicht, dass sie sich fast vollständig mit denjenigen decken, welche ich von den Eiern der *Nematoden* beschrieben habe. Die Hauptdifferenzen sind die, dass schon bei der Bildung des ersten Kerns eine strahlige Anordnung der Dotterkügelchen sich zeigt, und dass der Mittelstiel des Gebildes, welches ich karyolytische Figur genannt habe, etwas mehr spindelförmig aussieht und eine meridionale Längsstreifung zeigt, Thatsachen, von deren Richtigkeit ich mich in diesem Herbst selbst durch Untersuchung desselben Objects überzeugt habe, ohne sie mit meinen früher ausgesprochenen Ansichten in Widerspruch zu finden.

[1]) Ztschr. f. w. Zool. Bd. XXV (1875). S. 201—213 u. S. 426—441.
[2]) Bot. Zeitg. 1875, No. 1—7.

Dennoch ist Strasburger auf Grund sowohl dieser wie seiner pflanzlichen Befunde in den die Kerne betreffenden Hauptfragen zu gänzlich den meinigen entgegengesetzten Resultaten gekommen, und zwar hauptsächlich einerseits in Betreff des Processes der Neubildung der Kerne, andererseits in Betreff der Art ihrer Vermehrung.

Ich muss nun diesen Angriffen gegenüber auf meinen früheren Ansichten beharren. Diese in extenso darzulegen und zu rechtfertigen ist indessen hier nicht meine Absicht, um so weniger, als meine eigenen Untersuchungen sich bisher fast nur auf zoologischem Gebiete bewegt haben. Nur in so weit möchte ich meine Ansichten hier vertheidigen, als ich eine Reihe triftiger Gründe für dieselben aus einem genauen Studium der Schrift Strasburger's selbst entnehmen zu können glaube, und werden daher die folgenden Bemerkungen vorzugsweise einen kritischen Charakter tragen. Diese werden aber nicht blos die eben bezeichneten Probleme, sondern noch eine wichtige Differenz in den praeliminaren Begriffen berühren müssen. Es handelt sich dabei um nichts Geringeres, als um die Frage: Was ist in einem gegebenen Objecte als Zelle, was als Kern, was als Nucleolus anzusehen? Man wird zugeben, dass diese Bezeichnungen heute nicht mehr in einem ganz allgemeinen, blos formalen Sinne gebraucht werden dürfen, dass man nicht mehr, wie in der Kindheit der mikroskopischen Anatomie, jedes beliebige Bläschen als eine Zelle, jeden festen Innenkörper derselben als Kern ansehen und gelegentlich etwa, wie das wohl vorgekommen ist, sagen darf, ein *Amylumkorn* oder ein *Chlorophyllkorn* vertrete die Stelle des Zellkerns, dass vielmehr jene Worte Ausdrücke sein müssen für typische Substrate und Organe des Lebens, deren jedes hinsichtlich seiner Substanz, Anlage und Bestimmung überall ursprünglich identisch ist, so sehr sich auch im Laufe weiterer Entwickelungen Metamorphosen einstellen mögen. Da indessen diese Charakteristika bisher noch sehr ungenügend erforscht sind, so beruht die Anwendung jener Begriffe noch in gewissem Grade auf subjectiver Anschauung, und ist vorläufig noch keineswegs in ihrer Richtigkeit so gesichert, wie vielfach angenommen zu werden scheint. In der That wird sich eben so wohl aus dem hier Vorzubringenden ergeben, wie es auch aus der Betrachtung anderer einschlägiger Arbeiten zu entnehmen sein würde, dass in der Auffassung und dem Gebrauch jener Grundbegriffe bedeutende Incongruenzen vorkommen. Diese fallen nun nicht gerade dem einzelnen Forscher zur Last, und ich möchte keineswegs in den folgenden Bemerkungen dem Autor des besprochenen Werkes irgend welche Vorwürfe machen. Wenn ein

Kenner und Forscher wie Strasburger in den bezeichneten Punkten Fehler gemacht haben sollte, so muss ihn der gegenwärtige Stand seiner Wissenschaft gewissermaassen dazu berechtigt haben, und wenn ich selbst mit meinen Einwendungen nicht Recht behalten sollte, so hoffe ich doch wenigstens discussionsbedürftige Fragen berührt und damit zu einer künftigen Klärung und Sicherstellung der Begriffe beigetragen zu haben. Die Sache ist folgende.

In Betreff einer ursprünglichen Neubildung von Zellkernen, wie sie namentlich im Anfange aller embryonalen Entwickelungen unzweifelhaft vorkommt, hatte ich behauptet: Vor der Neubildung eines Kerns ist das Zellplasma durchtränkt von einem eigenthümlichen Safte, dem Kernsafte. Indem dieser sich an einem Punkte zu einem Tropfen ansammelt, ist die erste, einfachste, oft lange als solche bestehende Form des Kerns gegeben. Der Kern ist also bei seiner Entstehung eine Art Vacuole, d. h. eine tropfenförmige Ansammlung einer vom eigentlichen Protoplasma verschiedenen, dickflüssigen, hellen und homogenen Substanz in einer anfangs wandungslosen, d. h. nicht durch eine besondere Schicht eingeschlossenen Höhle des Protoplasma. Nachträglich verdichtet sich eine der Oberfläche des Tropfens anliegende Grenzschicht des Protoplasma zu einer besonderen Wandung, der Kernmembran. Die Kernhöhle ist also das Primäre am Kern, seine Membran ein äusseres Accidens. Nachträglich auch, und zwar oft noch vor der Bildung der Membran, treten im Innern der Höhle ein oder mehrere Nucleoli auf, sich bildend, wie ich an Froscheiern sehen konnte, durch allmähliche Zusammenballung feinster Kügelchen. Da die Nucleoli sich in ihrer weiteren Entwickelung als Protoplasmakörper erweisen, so nahm ich an, dass es entweder gleich bei der Aussonderung des Kerntropfens in diesen mit fortgerissene, oder nachträglich von der noch weichen Grenzschicht abgelöste Protoplasma-Molecüle seien, welche anfangs in dem Kernsafte zerstreut, später zusammenrückend die Nucleoli constituiren. Noch füge ich um des Folgenden willen hinzu, dass die Nucleoli der thierischen Zellen, wenn sie grösser heranwachsen und in lebhaftere Thätigkeit gerathen, auch die Aehnlichkeit mit dem Zellprotoplasma zeigen, dass sie gern Vacuolen in ihrer Substanz entwickeln.

Zu völlig entgegengesetzten Ansichten nun ist Strasburger gelangt, so dass er sich schliesslich zu dem Ausspruche veranlasst sieht: „Gegen die Behauptung Auerbachs, dass die Zellkerne Tropfen seien, wendet sich unsere ganze Erfahrung.“ Nach ihm ist vielmehr der Zellkern nach seiner Entstehung, und so lange er überhaupt eine Thätigkeit in der Zelle ausübt, nur ein mehr oder weniger scharf abgegliederter Theil des Zellprotoplasma selbst, in dessen Innerem sich, „wenn der Zellkern seine Aufgabe grösstentheils vollbracht hat und zur Ruhe kommen soll,“ Vacuolen und Nucleoli differenziren können. Er sagt daher: „Auerbach hat die in den Kernen sich bildenden Vacuolen jedenfalls für die Kerne selbst gehalten.“

Letztere Unterstellung nun ist jüngst schon von O. Hertwig [1]) auf Grund unbefangener Wiederholungen meiner Beobachtungen wie auch auf Grund seiner eigenen, sehr eindringlichen Untersuchungen über die Befruchtung und Furchung von Seeigel-Eiern entschieden zurückgewiesen worden, und ist überhaupt auf die an thierischen Eiern zu beobachtenden Erscheinungen so wenig anwendbar, dass ich in dieser Beziehung nur auf meine bezüglichen, theils schon vorliegenden, theils nächstens zu publicirenden Arbeiten zu verweisen brauche.

Auch eine andere Meinung Strasburger's, nämlich, dass bei thierischen, im Besonderen bei Ascidien-Eiern der Kern ein abgeschnürtes und in's Innere der Zelle gelangendes Stück der Hautschicht des Protoplasma sei, ist schon von Hertwig als nicht genügend motivirt bezeichnet worden, und gehe ich darauf hier nicht näher ein.

Was aber die Pflanzen anbetrifft, so erscheinen Strasburger die Zellkerne, wo er eine Neubildung derselben beobachten konnte, einfach als im Innern der Zelle auftretende, anfangs kugelrunde, dunklere, also verdichtete Partieen des Protoplasma, kaum scharf abgegrenzt, und als solche sich längere Zeit erhaltend. Es wird somit diejenige ältere, viel verbreitete Vorstellung von Neuem vorgetragen, welche ich in meinen Schriften bekämpft habe.

Worauf gründet sich aber diese Ansicht Strasburger's? Ich finde in seinem Werke nur zwei Beobachtungen, welche in seinem Sinne jene Auffassung klar zu demonstriren scheinen, nämlich die gleich im Anfange seiner Schrift niedergelegten Untersuchungen über die ersten Embryonal-Processe im befruchteten Ei von *Ephedra*

[1]) Zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morphol. Jahrb., Bd. I., 1875., 5. 347—434.

altissima und von *Phaseolus multiflorus*. Sehen wir uns also dieselben etwas genauer an.

In dem „befruchteten Embryosack" von *Phaseolus multifl.* entstehen, wie Strasburger annimmt, nach Auflösung des ursprünglichen Zellkerns an zerstreuten Punkten des schaumigen, feinkammerigen Protoplasma durch freie Neubildung eine Anzahl junger, anfangs sehr kleiner Endosperm-Zellen, und zwar sofort in der Gestalt kugelrunder Bläschen mit einem hellen Inhalte und mit einem punktförmigen, sehr dunkeln Kern in ihrem Centrum, so dass es offenbar ist, dass Zelle und Kern gleichzeitig entstehen. Diese bläschenförmigen Zellen wachsen im Ganzen und in allen ihren einzelnen Bestandtheilen allmählich immer mehr heran, und je mehr sie wachsen, desto mehr erweist sich ihre Wandung als eine hautschichtähnliche Protoplasma-Membran, desto deutlicher erkennt man im Innern radiäre, netzförmig verbundene Protoplasmastränge, welche von der Hautschicht zum Kerne gehen. Letzterer erweist sich mehr und mehr als ein grosser, dunkler Protoplasmakörper, welcher einige Vacuolen in sich entwickelt und später seine kuglige Form aufgiebt, indem er durch zipfelförmige Fortsätze in die radiären Stränge übergeht. Weiterhin werden diese Stränge, theilweise zerreissend und verschmelzend, an die Wandschicht der Zelle herangezogen und mit ihnen auch der Kern. Durch ihr fortschreitendes Wachsthum nähern sich diese Zellen einander immer mehr; und wenn sie dadurch beinahe bis zu gegenseitiger Berührung gelangt sind, scheiden sie an ihrer Oberfläche Cellulose aus, womit das erste Endosperm-Zellgewebe hergestellt ist. So Strasburger.

Aber sind denn die Gebilde, welche er als Zellen und Zellkerne schildert, auch mit Recht als solche anzusehen? Auf diese Frage giebt mir die Betrachtung seiner Abbildungen, Fig. 5 bis 16 seiner Tafel V, eine für mich unzweifelhafte Antwort; und zwar muss ich auf Grund zahlreicher, auf thierischem Gebiete gewonnener Anschauungen bis auf bessere Belehrung jene Frage entschieden mit Nein beantworten. Von meinem Standpunkte aus muss ich sagen: Was hier Strasburger für Zellen ausgiebt, sind Kerne, und was er für die Kerne jener Zellen hält, sind die Nucleoli jener Kerne. In demjenigen Aussehen, welches diese Gebilde gleich nach ihrer Entstehung darbieten, und welches in den Figuren 5—8 wiedergegeben ist, dürften sie wohl Jedem sofort in dem von mir bezeichneten Sinne imponiren. Auch Strasburger selbst hat das wohl bemerkt; denn er fühlt sich gedrungen, ausdrücklich zu sagen: „Dass aber der zarte Kreis nicht etwa

die Peripherie eines kugligen Kerns, der centrale Punkt nicht etwa ein Kernkörperchen darstellt, das zeigen die folgenden Zustände." Allein gerade diese späteren Zustände machen die Charakteristik der betreffenden Gebilde als Kerne mit Nucleolis nur noch vollständiger; sie entsprechen durchaus denjenigen Erscheinungen, welche sehr heranwachsende, zu bedeutendem Volumen gelangende Zellkerne, wenigstens in thierischen Organismen, sehr häufig zeigen, und ich glaube nicht, dass irgend ein erfahrener Zoo-Histologe, der sich das Aussehen vergegenwärtigt, welches in vielen Fällen die Kerne reifer thierischer Eier, welches die Kerne vieler Drüsenzellen der Insectenlarven, welches die Kerne mancher Ganglienzellen darbieten, zögern wird mir beizustimmen.

Für's Erste sind die sogenannten Kerne Strasburger's so charakteristische Nucleoli wie nur möglich. Letztere sind zunächst in kleinen Zellkernen immer dunkle solide Kügelchen im Centrum des hellen Kernraumes, wachsend aber machen sie genau die von Strasburger seinen Kernen zugeschriebenen Metamorphosen durch. In allen zu bedeutender Grösse heranwachsenden Kernen thierischer Zellen nämlich stellen sie sich genau so dar, wie jene von Strasburger als Kerne angesehenen Körper, nämlich als relativ dunkle, aus einer festweichen, gleichsam plastischen Masse bestehende, häufig unregelmässig zipflig geformte, einige Vacuolen in sich entwickelnde Körper. Und während die Nucleoli anfangs immer und oft lange Zeit hindurch als dunkle Körper in einem hellen Hohlraume schweben, zeigen sich nach übereinstimmenden Beobachtungen alle jungen, eben entstandenen Kerne als helle Körper in dunklerer protoplasmatischer Umgebung.

Das Gesammtgebilde aber, welches Strasburger als Zelle bezeichnet, kann meines Erachtens gerade deshalb keine Zelle sein, weil es von vorn herein als ein Bläschen sich zu erkennen giebt. Ein durch freie Neubildung entstandener Elementarorganismus ist ja sonst nirgends von vorn herein ein Hohlbläschen, sondern anfangs immer ein einfacher Protoplasmakörper. Dieses Hauptresultat der neueren Reform der Zellenlehre dürfte wohl nicht blos für die thierischen Organismen gelten. In diesen freilich entwickeln sich überhaupt fast nie eigentliche Zellhöhlen, selbst dann nicht, wenn eine Zellmembran an der Peripherie des Protoplasma sich differenzirt hat [1]). Wenn nun hingegen in gereiften Pflanzenzellen die Zell-

[1]) Gewisse, namentlich aus rapiden Zelltheilungen hervorgegangene junge Zellen des thierischen Körpers sind allerdings, formal betrachtet, oftmals wirkliche Bläschen, nämlich dann, wenn der bläschenförmige Kern relativ sehr

höhle eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist, und bei der Theilung häufig auch nicht verloren geht, sondern in die Tochterzellen mit hinüber genommen wird, so ist es doch wohl für die meisten Fälle der sogenannten freien Zellbildung wesentlich anders, und sind z. B. alle auf solchem Wege in eclatanter Weise entstehenden Schwärmzellen oder Zoosporen der Kryptogamen nackte, durch und durch protoplasmatische Körper, welche erst zur Zeit der Keimung eine Membran ansetzen und nachträglich durch verschmelzende Vacuolen im Innern eine Höhlung entwickeln. Wohl aber erweisen sich andererseits alle Zellkerne sehr frühzeitig als dünnwandige Bläschen mit einem hellen Inhalte. Ich kann mich hier, wenn ich den Vorwurf einer *petitio principii* vermeiden will, nicht vorzugsweise auf meine Ergebnisse berufen, nach welchen sogar in dem oben angegebenen Sinne die Höhle des Kerns das Primäre an ihm ist. Aber ganz abgesehen von diesem Punkte ist doch nach vielseitigen übereinstimmenden Beobachtungen über die ersten Embryonal-Processe in thierischen Eiern das gewiss, dass die Zellkerne sehr kurze Zeit nach ihrer Entstehung als zartwandige Bläschen mit einem hellen Inhalte sich erweisen[1]), und weiterhin das, dass alle Kerne lebenskräftiger Zellen solche Bläschen sind.

Nun scheint aber vielleicht der Auffassung Strasburger's eine andere Thatsache zu Hilfe zu kommen, nämlich die radiären, zum Theil netzförmigen Stränge einer blassen weichen Substanz, welche von der Wand der in Rede stehenden Bläschen zu ihrem Innenkörper hinziehen. Strasburger sieht die Substanz dieser Stränge für Protoplasma an, und es läge somit hier dasselbe Verhältniss vor, welches so viele pflanzliche Zellen auszeichnet, nämlich eine strang- oder netzförmige Ausbreitung des Protoplasma, welche die Wandschicht mit dem Kerne in Verbindung setzt. Wenn nun aber auch diese Aehnlichkeit mehr als eine äusserliche sein sollte, so kann sie

---

gross und nur von einer schmalen Protoplasmaschicht umhüllt ist, welche den Zellenleib darstellt. Wesentlich ist aber dabei, dass die innere Höhlung nicht eine Zellhöhle, sondern die Kernhöhle, d. h. nicht eine zwischen der Oberfläche des Kernes und der Zellperipherie sich ausbreitende, sondern eine im Kernraume gelegene Höhle ist, und dass ein etwaiger Innenkörper in dieser Höhle nicht ein Zellkern, sondern ein Nucleolus ist. Dass dem so ist, lehrt sowohl die Vorgeschichte wie die weitere Entwickelung solcher Zellen.

[1]) Einzelne, scheinbar widersprechende Beobachtungen, wie diejenigen, welche jüngst Schwalbe (Bem. über die Kerne der Ganglienzellen, Jen. Ztschr. f. Med. u. Naturw. 1875 S. 25) über gewisse Nervenzellen der Retina geborener Kälber veröffentlicht hat, dürften mit der Zeit sich besser einreihen, als es zunächst scheinen mag.

doch keinesfalls gegen die Deutung der fraglichen Bläschen als Kerne entscheidend sein. Denn mancherlei unzweifelhafte Zellkerne thierischer Organismen bieten genau dieselben Erscheinungen dar, und besonders deutlich solche, welche, wie die hier besprochenen, zu relativ bedeutender Grösse gedeihen, nur dass man natürlich sagen muss: die Stränge gehen von der Kernwandung zum Nucleolus. Hier stehen in erster Linie die Keimbläschen mancher thierischer Eier, d. h. wie ihre Bildungsgeschichte lehrt, die Kerne der Eizellen. Ich verweise in dieser Beziehung beispielsweise auf die Beschreibung und die Abbildungen, welche Flemming[1]) von dem reifen Keimbläschen der *Anodonta*, ferner auf diejenigen, welche O. Hertwig[2]) über dasjenige eines Seeigels, *Toxopneustes lividus*, geliefert hat. Aber auch andere Zellen zeigen Aehnliches, wie denn z. B. neuerdings Schwalbe[3]) Entwickelungsstadien gewisser Nervenzellen beschreibt, in welchen er an ihren Kernen ganz Entsprechendes beobachtet hat. Ich bin freilich für unsere Fälle nicht der Meinung, dass die erwähnten Stränge von derselben Substanz sind, wie Nucleolus und Kernmembran und mit diesen in innigem continuirlichen Zusammenhange stehen, so dass der Kern zeitweise oder, wie einige Autoren meinen, immer nur eine schwammförmig durchbrochene Protoplasma-Masse wäre. Vielmehr habe ich reichlich Gründe anzunehmen, dass jene Stränge aus einem von der Nucleolarsubstanz verschiedenen Stoffe bestehen, nämlich demselben, welcher sich in anderen Kernen in Form discreter Kügelchen, der von mir sogenannten Zwischenkügelchen zeigt. Dies ist jedoch eine Frage, welche hier nicht entschieden zu werden braucht und sich am Wenigsten an Alkohol-Präparaten entscheiden lässt, wie sie Strasburger benützt hat. Jedenfalls bieten unzweifelhafte Zellkerne, und namentlich, wenn mit Reagentien behandelt, oftmals so genau dieselben Bilder, wie die Bläschen in den erwähnten Figuren der Taf. V, dass daraus eine Homologie, nicht aber eine wesentliche Verschiedenheit hervorgeht.

Ich frage aber weiter: Wenn die Wandung eines jeden dieser Bläschen die Hautschicht einer Zelle wäre, wie liesse sich dann die weitere Entwickelung zur Herstellung des Endosperm-Gewebes erklären? Um jene Membranen herum liegt ja noch überall das Protoplasma der Mutterzelle, und wenn sich auch die Bläschen durch ihre

---

[1]) Entwickelung der Najaden, Sitz.-Ber. der Wiener Akad. d. W. Bd. LXXI., Taf. I., Fig. 17 und 18.

[2]) l. c. Tafel X., Fig. 1.

[3]) l. c.

Vergrösserung sehr einander nähern, so geschieht dies doch nicht bis zur Berührung; es bleibt immer noch zwischen ihnen protoplasmatische Grundsubstanz übrig, und in der Mitte der letzteren scheidet sich schliesslich die Cellulose-Schicht aus. Man müsste also annehmen, dass sich hier noch Protoplasma von aussen an die Hautschicht anlegt, und dass die Cellulose-Membran in einer gewissen Entfernung von der Hautschicht entsteht. Das dürfte kaum mit allem sonst Bekannten und auch nicht mit den von Strasburger selbst über die Hautschicht entwickelten Vorstellungen in Einklang zu bringen sein.

Nach alle dem muss ich also diese Zellen Strasburger's für Kerne und ihre Innenkörper für Nucleoli halten.

Wenn man aber eine solche Umdeutung pflanzlicher Beobachtungen von Seiten eines Nicht-Botanikers für allzu kühn erachten sollte, so bin ich in diesem Falle in der glücklichen Lage, auf phytologischer Seite, wenigstens für die ersten der hier besprochenen Stadien, einen Genossen meiner Auffassungen vorzufinden, und zwar in keinem Geringeren als in Hofmeister, welcher denselben Gegenstand untersucht hat und zu folgendem Resultate gelangt ist: „In dem Protoplasma des Embryosacks treten freie Zellkerne in Anzahl auf. Bei ihrem ersten Sichtbarwerden sind die Kerne der Endospermzellen bläschenähnliche Gebilde, ohne feste Bildungen im Innern. Ihre Grösse übertrifft erheblich diejenige der später in ihnen entstehenden Kernkörperchen. Um jeden Zellkern häuft sich ein Ballen dichteren Protoplasma's, dessen Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt, und der so eine Primordialzelle darstellt.“ (Lehre v. d. Pfl.-Z. S. 116.) Diese ältere Auffassung Hofmeister's halte ich nun gegenüber derjenigen Strasburger's entschieden für die richtigere. Sie stimmt ganz zu dem, was ich bei der Kernneubildung im thierischen und zwar im lebendigen Protoplasma zum Theil unter meinen Augen geschehen sah.

Hieran ist noch eine andere Bemerkung anzuknüpfen. Strasburger kommt zu dem Schlusse, dass Zelle und Kern gleichzeitig entstehen. Das würde nun jetzt so umzudeuten sein, dass der Kern vom ersten Anfange an einen Nucleolus zeigt. Allein auch das könnte ich nicht für erwiesen betrachten, am Wenigsten als allgemeines Gesetz gelten lassen. Nach meinen Erfahrungen auf zoologischem Gebiete sind eben neugebildete Kerne anfangs immer enucleolär, d. h. sie zeigen kein Kernkörperchen, und dieses bildet sich erst nachträglich in ihnen. Dass aber das Nämliche auch bei Pflanzen wieder zu finden sein dürfte, dafür bietet die oben citirte Beob-

achtung Hofmeisters einen Anhalt. Es wird die Annahme erlaubt sein, dass diejenigen Bilder, welche Strasburger als die frühesten gefunden und in seinen Figuren 5 und 6 der Tafel V dargestellt hat, nicht wirklich den jüngsten Zuständen, wenigstens im lebendigen Zustande des Objects entsprechen, sei es, dass er das jüngste Stadium überhaupt nicht getroffen hat, oder dass der von ihm angewandte Alkohol diejenigen Niederschläge oder Verdichtungen künstlich beschleunigt hat, welche im lebendigen Zustande langsamer zur Herstellung eines Nucleolus und einer Kernmembran führen.

Danach aber würde sich die wirkliche Entwickelung des Endosperm-Gewebes von *Phaseolus* folgendermassen gestalten: In dem schaumigen Protoplasma der Mutterzelle entstehen an zerstreuten Punkten durch freie Neubildung Zellkerne. Diese haben anfangs das Ansehen einfacher Vacuolen. Nach Kurzem aber concentrirt sich in ihrem Mittelpunkte ein Nucleolus, während zugleich die Grenzschicht des Protoplasma zu einer Kernmembran sich verdichtet. Die jetzt bläschenförmigen Kerne wachsen dann allmählich zu sehr bedeutender Grösse heran, auf Kosten des umgebenden Protoplasma, welches so als eine immer weniger voluminöse und wegen überwiegender Abgabe von Flüssigkeit an die Kerne als eine mehr und mehr verdichtete Zwischensubstanz der Kerne erscheint. Wegen letzteren Umstandes erfahren die kugligen Bläschen an denjenigen Punkten, wo sie einander am nächsten kommen, einen grösseren Widerstand und wachsen deshalb von einem gewissen Zeitpunkte an nicht mehr gleichmässig nach allen Seiten, sondern stärker in die massigeren Partieen der Grundsubstanz hinein, d. h. sie werden mehr polyedrisch mit abgerundeten Kanten und Ecken. Hierdurch wird die protoplasmatische Grundsubstanz auf plattenförmige, winklig an einander stossende Reste reducirt (Strasb. Fig. 16). In der Mittelebene jeder solchen Platte wird eine Celluloseschicht ausgeschieden. Indem diese Cellulose-Wände natürlich winklig an einander stossen, formiren sie ein vollendetes Zellgewebe, grenzen um jeden der colossalen Kerne einen schmalen Protoplasma-Mantel als Zellenleib ab und individualisiren so den lebendigen Inhalt einer jeden der Kammern zu einem Elementarorganismus. Diese Zellen haben zwar eine jede im Innern eine grosse Höhle, aber letztere ist nicht eine Zellhöhle, sondern die Kern-Höhle. Wenn eine Zellhöhle sich später bilden sollte, so kann sie nur dadurch entstehen, dass der Kern, sei es durch zurückbleibendes Wachsthum relativ oder vielleicht auch absolut wieder kleiner wird, während das ihn umgebende Protoplasma von verschmelzenden Vacuolen durchbrochen wird. Einen solchen

Zustand stellt die Figur 17 dar. Indessen sind das wohl durch Theilung aus denen der Fig. 16 entstandene Tochterzellen; denn sie erscheinen bei derselben Vergrösserung viel kleiner. Jedenfalls ist ihr Bau so sehr von jenen verschieden, dass sie nicht unmittelbar, sondern nur durch eine Reihe von Zwischenstufen aus ihnen abgeleitet werden können.

Wenn ich aber in Voranstehendem Strasburger eine Verwechselung von Nucleolis mit Zellkernen zugemuthet habe, so will ich doch nicht verfehlen hinzuzufügen, dass ganz ähnliche Schwankungen des Urtheils in entsprechenden Fällen öfters, sowohl auf phyto- wie auf zoologischem Gebiete vorkommen. Dass die Klärung über diese Dinge eben noch nicht vollendet ist, mag noch aus dem folgenden Beispiele hervorgehen.

Vor mehr als zwanzig Jahren hatte ich in einer Untersuchung über *Amoeben* [1]) nachgewiesen, dass in vielen Species dieser Protisten jedes Individuum einen Kern besitzt, welcher einem voll entwickelten Zellkerne gänzlich ähnlich und homolog ist. Ich hatte dabei besonders darauf aufmerksam gemacht, dass der kuglige, dunkle, solide, oder höchstens mit einer oder ein Paar inneren Vacuolen ausgestattete Körper, welcher bei der Auffindung der Kerne zuerst in die Augen fällt, nicht der Kern selbst ist, sondern der Nucleolus, dass dieser letztere immer in einem Bläschen mit übrigens hellem Inhalte, dem wirklichen Kerne, eingeschlossen ist, und dass je nach der relativen Grösse des Nucleolus der lichte Zwischenraum zwischen diesem und der Bläschenwandung schmal oder auch sehr breit erscheinen kann. Es war mir gelungen, diese bläschenförmigen Kerne mit ihrem Nucleolus in vielen Fällen aufs Klarste zur Anschauung zu bringen, ja sogar in einzelnen Fällen sie durch Austreiben aus dem Amoebenkörper zu isoliren und in abgestorbenen Exemplaren sie auf natürlichem Wege isolirt zu finden, so dass die vollständige Gleichheit mit vollentwickelten Zellkernen in meinen Präparaten und Abbildungen klar zu Tage lag. Seitdem ist nun, gegenüber einzelnen sehr heftigen Anfechtungen jener Identificirung [2]) im Allgemeinen zwar angenommen, dass die eigentlichen Amoeben einen Kern besitzen, welcher einem Zellkern homolog ist; indessen ist doch die besondere Charakterisirung und Unterscheidung, welche ich eben erwähnt habe, kaum beachtet und noch weniger ausdrücklich anerkannt worden. Noch in jüngster Zeit glaubte ein in Rhizopoden-Studien besonders erfahrener Forscher,

[1]) Auerbach: Ueber d. Einzelligkeit d. Amoeben. Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. VII.
[2]) z. B. seitens Claparède und Lachmann. Ét. s. les Infusoires. S. 429.

F. E. Schulze[1]), bei einer Untersuchung über eine neue Amoeben-Gattung, *Mastigamoeba aspera,* in Angelegenheit des Kerns sich die Frage vorlegen zu müssen, ob der dunkle, in einem helleren Hofraume gelegene protoplasmatische Innenkörper als Kern oder als Nucleolus zu betrachten sei. Er neigt allerdings zu letzterer Ansicht und bezeichnet in nächst verwandten Gattungen denselben Körper immer ohne Weiteres als Nucleolus, das Gesammtgebilde aber mit Einschluss des hellen Hofes als Kern. So wird in dieser Angelegenheit diejenige Ansicht, welche ich schon vor langer Zeit klar bewiesen zu haben meinte, wenn auch nach einigem Zögern, allmählich mehr und mehr anerkannt, und auch in anderen Fällen wird sich die richtige Unterscheidung zwischen Nucleolus und Kern noch durchzuarbeiten haben. Uebrigens habe ich die Freude, in den erwähnten Beobachtungen Schulze's noch für einen anderen Theil meiner von Strasburger angegriffenen Ansichten Bestätigung anzutreffen. In diesen sehr niedrig stehenden Amoeben-Gattungen sind nämlich nach Schulze's Darstellung die hellen Kernräume nicht von besonderen Membranen eingefasst, stellen also, wenigstens zeitweise, nur vacuolenähnliche Räume im Protoplasma dar, eine Unterstützung für meine bezüglichen Annahmen, wie ich sie nicht besser wünschen kann. —

Indem ich nun zu der zweiten hier in Frage kommenden Untersuchung übergehe, nämlich derjenigen über die erste Zellbildung im befruchteten Ei von *Ephedra altissima,* so muss ich gestehen, dass ich mich dieser gegenüber nicht ganz so im Klaren befinde, wie bei der erst besprochenen. Die von Strasburger hier gelieferten Bilder bieten zwar, namentlich in den mittleren Stadien, sehr viel Aehnlichkeit mit denjenigen von *Phaseolus,* so dass man vielleicht mit Recht geneigt sein kann, sie ganz eben so zu beurtheilen, wie dort, nur mit dem Unterschiede, dass bei *Ephedra* nicht das ganze Mutter-Plasma in der Bildung der jungen Zellen morphologisch aufgehen, sondern zum Theil als eine Intercellularsubstanz zurückbleiben würde, welche erst nachträglich allmählich schwinden müsste. Dennoch wage ich es nicht, auf diesen Fall ohne Weiteres dieselbe Deutung anzuwenden, die ich für den vorigen vertheidigte. Erstens nämlich sind die über *Ephedra* vorliegenden Abbildungen nicht ganz so klar wie diejenigen über *Phaseolus,* ein Umstand, der vermuthlich nur durch eine etwas verschiedenartige Einwirkung des Alkohols auf die beiderlei Objecte

---

[1]) Arch. f. mikr. Anat. Bd. XI., S. 583 (1875).

bedingt ist. Zweitens aber bietet das Verhalten in den späteren Stadien, wie es im Texte geschildert wird, eine Schwierigkeit. Danach nämlich bildet sich unmittelbar an der Grenze der noch kugligen und noch weit von einander abstehenden Blasen je eine Cellulosehaut. Wenn nun diese Bläschen Kerne sein sollten, so wäre die Hilfsannahme nöthig, dass trotz des anderen Anscheines dennoch eine, wenn auch sehr schmale Protoplasma-Schicht zwischen der Cellulosehaut und der Oberfläche des Kernraumes eingeschlossen wird, welche nachträglich durch Stoffaufnahme von aussen in die Dicke wächst, eine Annahme, welche mir um so mehr zulässig erscheint, als nach meiner Ansicht die Kernmembran selbst überall nur eine mehr oder weniger differenzirte und nach aussen hin zuweilen gar nicht scharf abgeschiedene Grenzschicht des Protoplasma ist. Indessen mag das dahingestellt bleiben, und will ich mich für eine Weile in so weit der Auffassung Strasburgers anschliessen, dass ich dasjenige, was er an diesen Objecten für Zellen und was er für die Kerne dieser Zellen hält, eben so ansehe. Auch dann aber kann ich seine Schlussfolgerung in Betreff des Processes der Kernbildung nicht anerkennen, sondern muss aus seinen Figuren eine andere Vorstellung ableiten. Er hält die in seiner Fig. 7 hervortretenden dunklen runden Flecke für die Anlagen der Kerne, welche nachträglich sich aushöhlen. Allein wenn ich mir diese Fig. 7 genau ansehe, so finde ich, dass in jeder dieser dunkeln Kugeln im Centrum schon ein sehr kleines Bläschen steckt, welches sogar von einem besonderen Grenz-Schatten eingefasst ist, und wenn ich dann die Fig. 8 betrachte und nachsehe, was in dieser letzteren von dem Autor als Kern bezeichnet wird, so zeigt sich, dass dieser Kern nicht dem dunklen Fleck der Fig. 7 sondern dem kleinen centralen Bläschen in diesem Fleck entspricht, dass auch in Fig. 8 der bläschenförmige Kern von einem breiten schattigen Hofe umgeben ist, dass also in der Zwischenzeit nichts geschehen ist, als ein ziemlich gleichmässiges Wachsthum aller Bestandtheile der fraglichen Gebilde. Strasburger hat allerdings für die dunklen Höfe um die Kerne seiner Fig. 8 eine andere Erklärung in Bereitschaft. Er sagt: „Inzwischen ist die helle Zone um die Kernanlage immer mehr gewachsen, und es lässt sich meist in derselben eine Sonderung verfolgen, so zwar, dass diese Zone um die Kernanlage dichter, in gewisser Entfernung weniger dicht wird.“ Das erscheint mir als eine willkürliche und unnöthige Hilfshypothese. Da die Entwickelung nicht direct und continuirlich verfolgt werden konnte, sondern nur getrennte Stadien in Alkohol-Präparaten untersucht wurden, so sind wir auf eine unbefangene und möglichst

einfache Vergleichung seiner Präparate angewiesen. Eine solche nun lässt das Bild der Figur 8 als eine einfache Wachsthumsvergrösserung derjenigen Verhältnisse erscheinen, welche schon in Fig. 7 enthalten sind. Danach aber sind die Kerne des frühen Stadiums der Fig. 7 schon Hohlgebilde, und was die Hauptsache ist, die dunklen Kugeln, welche Strasburger für die Anlage der Kerne hält, werden bei der Bildung der Kerne nicht aufgebraucht, sie stellen vielmehr den protoplasmatischen Mutterboden dar, in dessen Innerem ein kleiner Kern von vorn herein als ein Hohlgebilde differenzirt wird; und es ist kein Grund vorhanden, zu vermuthen, dass dies in anderer Weise geschehe, als in solchen günstigeren Fällen, wo der Process direct zu beobachten ist. Es würde also, falls die eben entwickelte Auffassung der Sache angemessen wäre, Strasburger bei *Ephedra* in entgegengesetzter Richtung von der wahren Deutung abgewichen sein, als bei *Phaseolus.* Während er bei letzterem *partem pro toto,* nämlich den Nucleolus für den Kern und den Kern für eine Zelle nahm, würde er bei *Ephedra* als Kern angesehen haben, was mehr als dieser ist, nämlich einen Protoplasmabezirk mit einem in dessen Innerem entstehenden Kerne.

Ich muss indessen nochmals betonen, dass ich auf die zuletzt dargelegte Deutung für diesen speciellen Fall nicht in positivem Sinne Werth lege. Ich habe sie hauptsächlich vorgebracht, um damit im Allgemeinen auf einen Fehler hinzuweisen, welcher bei solchen Untersuchungen leicht begangen werden kann. Ein sich neubildender Kern differenzirt sich ja immer aus dem Protoplasma. Zuweilen nun ist die Stelle seiner Entstehung durch nichts von dem übrigen Protoplasma der Zelle zu unterscheiden. Wenn aber der grössere Theil des Zellplasma entweder sehr schaumig oder sehr körnig, oder durch innere Structuren für spezielle Zwecke differenzirt ist, so kommt es vor, dass an der Stelle, wo der Kern entstehen soll, vorher eine entweder verdichtete oder vergleichsweise homogene Quantität Protoplasma's angesammelt ist, welche sich von der Umgebung auffällig abhebt, und dasselbe ist der Fall, wenn der Kernneubildung unmittelbar eine Karyolyse vorangegangen ist. In solchen Fällen kann dieses besonders hervortretende Protoplasma, welches gleichsam die Matrix für den zu bildenden Kern ist, sehr leicht für diesen selbst genommen werden. Das ist in der That hüben wie drüben mehrfach geschehen, und ich werde denselben Kampf, wie hier, auch auf zoologischem Gebiete noch weiter auszufechten haben.

Jedenfalls dürften die obigen Erörterungen gezeigt haben, dass

die Pfeiler, auf welche Strasburger seine Ansicht von der Neubildung der Zellkerne gestützt hat, nicht so fest gefügt sind, wie er wohl glaubte, indem er im Schlussworte seiner Schrift sagte: „Gegen die Behauptung Auerbachs, dass die Zellkerne Tropfen seien, wendet sich unsere ganze Erfahrung,“ und in diesem Gefühle der Sicherheit annehmen zu dürfen glaubte, ich hätte „in den Kernen sich bildende Vacuolen jedenfalls für die Kerne selbst gehalten.“ Seine Erfahrungen lassen eben andere Auffassungen zu, welche ich hier der Prüfung der Botaniker vorzulegen mir erlaubt habe.

Wenn sich übrigens an die eben erwähnten Sätze noch eine andere Kritik meiner Ansicht anschliesst, mit den Worten: „Wir haben die Gestalt der Kerne als den Ausdruck in ihrem Innern wirkender Kräfte kennen gelernt. Sind doch die Zellkerne nicht einmal stets kugelrund, vielmehr zeigen sie oft andere Gestalten, die dann meist in Beziehung zu der Gestalt ihrer Zelle stehen. Auf Oberflächenspannung also kann ihre Form nicht beruhen, sonst müssten sie ja immer kugelrund sein,“ so wird dagegen wohl die Bemerkung genügen, dass auch in jedem Flüssigkeitstropfen innere Kräfte wirken, nämlich seine innere Cohäsion, dass gleichwohl jeder Tropfen unter der Einwirkung äusserer Kräfte, wie der Schwere oder des ungleichen Widerstandes umgebender Körper, in mannigfacher Weise von der Kugelgestalt abweichen kann, und dass aus dem letzteren Grunde in der That die Vacuolen im Protoplasma sehr häufig nicht kugelförmig, sondern auch abgeplattet, eiförmig, spindelförmig oder selbst etwas polyedrisch gestaltet erscheinen.

Strasburger hat indessen für seine und gegen meine Ansichten noch andere Gründe, welche er an der eben erwähnten Stelle in die Worte zusammenfasst: „Auch könnten die Structurverhältnisse und die complicirten Vorgänge, die wir an den in Theilung begriffenen Kernen beobachtet, unmöglich in einer Flüssigkeit auftreten.“ Hiermit sind diejenigen auch von Tschistiakoff und Bütschli beobachteten Erscheinungen gemeint, auf welche ich Eingangs dieser Blätter hindeutete. Dass nun diese Erscheinungen in einer Flüssigkeit auftreten könnten, muss ich selbst für unwahrscheinlich halten. Indessen wird es sich andererseits noch fragen, ob denn das Object, an dem sie vorkommen, auch wirklich einfach der Zellkern ist. Die Antwort auf diese Frage fällt in den zweiten Theil meiner Entgegnungen und wird in dem Folgenden enthalten sein.

Ich muss nämlich jetzt zu den Erscheinungen bei der Zelltheilung übergehen.

Bei jeder Zelltheilung verdoppelt sich bekanntlich auch der Zellkern, und es frägt sich, auf welche Weise dies geschieht. In dieser Beziehung habe ich im zweiten Theil meiner Org. Studien zunächst eine besondere Art der Kernvermehrung beschrieben, welche meiner Auffassung nach im Wesentlichen auf denselben Vorgang hinausläuft, den zuerst, und zwar vor langer Zeit, Reichert in einer Beobachtung über Eifurchung angenommen hatte, ohne damit Anklang zu finden, und welchen dann Hofmeister für pflanzliche Zellen begründete, nämlich auf eine Auflösung des alten Kerns und Neubildung junger Kerne, ein Process, welcher indessen nach meinen Ermittelungen unter sehr eigenthümlichen, sowohl an sich merkwürdigen, wie auch meines Erachtens über die Hauptfragen einige Aufschlüsse liefernden Erscheinungen verläuft. Wegen des Genaueren muss ich auf meine genannte Schrift[1]) und demnächst zu publicirende weitere Mittheilungen verweisen. Hier seien nur in Kürze folgende Hauptpunkte meiner Ergebnisse hervorgehoben, welche in Folgendem bestehen. Bei Beginn des Processes geht zunächst die Kernmembran, wenn eine solche überhaupt vorhanden war, durch Erweichung und Rückbildung in gewöhnliches Protoplasma verloren, und zugleich lösen sich im Innern die Nucleoli auf, so dass dann der Kern nur durch eine mit einem hellen Safte erfüllte Höhle des Protoplasma dargestellt ist. Durch Contractionen des letzteren wird die Höhle spindelförmig. An den Spitzen dieser Spindel beginnt dann der Kernsaft in die Umgebung zu diffundiren und zwar in der Art, dass er in schmalen, divergirenden Bahnen intermoleculär in das Protoplasma eindringt, alle Körnchen des letzteren auf seinen Bahnen verdrängend, welche hierdurch als helle Strahlen hervorleuchten und übrigens an ihrer Basis zu einem rundlichen hellen Felde verschmelzen. In der Mittelgegend des Kerns geschieht die Vermischung des Kernsafts mit dem Zellplasma vorzugsweise in der Art, dass das letztere von allen Seiten unter Aufsaugung des Kernsafts, gleichsam quellend, in die Kernhöhle eindringt, bis diese ganz davon erfüllt, und damit der letzte Rest des Kerns verschwunden ist. Indem dieser

[1]) Organol. Studien, 2tes Heft.

Mitteltheil mit den beiden vorher erwähnten Sonnen in Zusammenhang steht, bilden diese Theile zusammen eine helle, homogene, hantelförmige, an ihren Köpfen mit Strahlen besetzte Figur, deren Mittelstiel anfangs spindelförmig ist, später unter fortschreitender Streckung cylindrisch wird, die von mir wegen der Art ihrer Entstehung sogenannte karyolytische Figur. Bald nach ihrer Herstellung beginnt die Zelltheilung durch eine vom Rande der Zelle her senkrecht auf den Stiel der Figur vordringende Einschnürung des Protoplasma. Während dies aber geschieht, entstehen durch Neubildung die beiden jungen Kerne und zwar so, dass an zwei, nach meinen Erfahrungen immer im Stiel der Figur nahe dem Centrum der Zelle gelegenen Punkten, je eine mit Kernsaft sich füllende Vacuole im hellen Protoplasma auftaucht. Diese rückt dann, lavinenartig wachsend, in das Centrum der Tochterzelle vor, verharrt in dieser Form oft lange, bekommt aber, in nicht ganz niedrig stehenden Organismen, nachträglich durch inneren Niederschlag einen oder einige Nucleoli, eventuell auch nachträglich durch Verdichtung einer Grenzschicht des Protoplasma eine eigene Wandung, und damit ist der Zellkern in optima forma hergestellt. Wegen der in dieser Reihe von Vorgängen auf einander folgenden Kernauflösung und Kernneubildung habe ich diese Art der Kernvermehrung die palingenetische genannt.

Diesen Ergebnissen gegenüber sagt nun Strasburger auf S. 181 seiner Schrift: „Etwas der palingenetischen Kernvermehrung Aehnliches haben wir im Pflanzenreiche nicht aufzuweisen.“ Ich muss nun bekennen, dass es mir schwer verständlich ist, wie der Verfasser gegen den Schluss seines Werkes einen solchen Ausspruch thun konnte, da derselbe, auch abgesehen von meinen Ergebnissen an thierischen Eiern, nicht blos den Erfahrungen von Hofmeister und Sachs an Pflanzen, sondern sogar den eigenen Beobachtungen Strasburger's, die im speciellen Theile derselben Schrift niedergelegt sind, offenbar widerspricht. So erzählt er selbst auf S. 20 von dem befruchteten Ei von *Picea vulg.* Folgendes: „Alsbald beginnt aber der Zellkern des Eies zu schwin- „den, wobei seine Masse sich in der Substanz des Eies „vertheilt. Bei schwacher Vergrösserung sieht man ihn dann hin „und wieder als etwas helleren, mehr oder weniger elliptischen Fleck „mit dunkler Umgrenzung, der wohl der Hälfte des ganzen Eies an

„Grösse gleich kommen kann. Auf Längsschnitten des Eies „habe ich auf solchen Entwickelungszuständen oft die „Zellkernmasse radial im Ei vertheilt gesehen.“ Strasburger ist also in diesem Falle zunächst in Betreff der Karyolyse zu ganz derselben Anschauung gelangt, welche in meiner von ihm kritisirten Schrift entwickelt und begründet ist, und wenn man seine zugehörige Fig. 19 der Tafel II. ansieht, so findet man eine Zeichnung, welche so sehr meiner karyolytischen Figur, wie ich sie an Nematodeneiern und seitdem auch anderweitig beobachtete, entspricht, wie man es bei wesentlicher Identität des Processes nur irgend wünschen und erwarten kann. Wenn man nun den alten Kern hat „schwinden“ und sich weithin „vertheilen“ sehen und dann in einem späteren Stadium zwei oder mehrere neue Kerne findet, so kann man doch kaum annehmen, dass die letzteren durch Theilung des ersteren, im morphologischen Sinne genommen, sondern wohl nur, dass sie durch neue Ansammlungen, d. h. durch Neubildung, entstanden sind, womit schon dem Begriffe der palingenetischen Kernvermehrung entsprochen ist. Und wenn man überdies die frappante Aehnlichkeit der karyolytischen Figuren in Betracht zieht, wird man kaum zweifeln können, dass in allen diesen Fällen auch der Neubildungsprocess der jungen Kerne in der gleichen Weise vor sich geht, und zwar so, wie er an günstigen Objecten direct *in continuo* zu verfolgen ist.

Im Grunde genommen ergiebt sich übrigens das Nämliche auch aus allen anderen Beobachtungen Strasburger's über Zelltheilung, wenn man sie unbefangen prüft und sich namentlich nicht durch die ganz unmotivirte Deutung des bewussten spindelförmigen, längsgestreiften Wesens als Zellkern irre führen lässt, einer Erscheinung, auf welche ich bald zurückkomme. Wenn ich z. B. seine *Spirogyra* betreffenden Figuren 1—5 der Taf. III. betrachte, so entnehme ich daraus, dass das Zellprotoplasma, längs der Suspensionsfäden hingleitend, sich in grösserer Menge um den Kern angehäuft und dass in diesem Protoplasma der Kern sich aufgelöst hat. Und wenn ich dann weiter erfahre, dass nach einer tonnen- oder spindelförmigen Umgestaltung dieser Masse, an den Polen derselben zwei neue Kerne auftreten, während der Mitteltheil gar nicht zur Kernbildung verbraucht wird, so schliesse ich daraus, dass die beiden jungen Kerne sich aus jener gemischten Masse differenzirt, d. h. neu gebildet haben.

Was hat es nun aber mit jenem, anfangs spindelförmigen, dann tonnen- und weiterhin walzen- oder bandförmigen, immer aber fein meridional- oder längsgestreiften und mit dichteren, allmählich sich verschiebenden Querzonen versehenen Wesen auf sich, welches

Tschistiakoff, Bütschli, Strasburger und neuestens auch O. Hertwig[1]) und Mayzel[2]) beschrieben haben?

Hier muss ich nun vor Allem auf Grund meiner Studien über diese Sache hervorheben, dass in den bezüglichen Darstellungen zweierlei mit einander verschmolzen erscheint, was auseinander gehalten werden sollte. Ein Theil der beschriebenen meridionalen Linien nämlich, besonders der an thierischen Eiern zu beobachtenden, bezieht sich nur auf Reihen dunkler, dem Zellprotoplasma eingebetteter Körnchen, welche an der Oberfläche der Spindel liegen und dem Bereiche der strahligen Ausbreitung der karyolytischen Figur angehören. In manchen Eiern nämlich, z. B. auch denen von *Phallusia,* verlaufen die innersten, d. h. der Achse der Figur nächsten Strahlen in nach innen concaven Bogenlinien, welche von einem Pole der Figur bis zum andern reichen, und die in den Zwischenräumen dieser Strahlen reihenförmig dicht bei einander gelagerten Dotterkügelchen können bei schwächerer Vergrösserung oder nach Anwendung zusammenziehender Reagentien wohl auch als continuirliche meridionale Linien erscheinen.

Allein nach Abzug dieses in einzelnen Fällen zu berücksichtigenden Verhaltens bleibt immer noch in der Hauptsache ein die centrale Tiefe des Objects einnehmender, sehr beachtenswerther Complex von Erscheinungen übrig, welcher in den Darstellungen der oben genannten Autoren entsprechend geschildert ist. Von der Richtigkeit dieser Befunde habe ich mich in den letzten Monaten selbst überzeugt, und zwar zuerst an pflanzlichen Präparaten, welche mir Herr Prof. Strasburger theils persönlich demonstrirte, theils zur Untersuchung übersandte, womit er mich sehr zu Danke verpflichtet hat. Denn die Sache ist in der That sehr merkwürdig und für unseren Einblick in die inneren Vorgänge des Zellenlebens gewiss von Belang. So gewiss aber diese Erscheinungen thatsächlich und wichtig sind, so kann ich ihnen doch nicht dieselbe Bedeutung zuschreiben, wie die genannten Forscher. Mir erscheinen sie in einem anderen Lichte und zwar nicht im Widerspruch mit meinen bisherigen Anschauungen. In dieser Beziehung sei es mir gestattet, meine Ansichten hier für diesmal in derselben allgemeinen Form und mit ungefähr denselben Worten auszusprechen, mit welchen ich sie jüngst einem anderen Leserkreise in einer vorläufigen Mittheilung darlegte[3]):

---

[1]) Zur Kenntniss etc. Morphol. Jahrbuch, Bd. I. 1875.

[2]) Centralbl. f. d. medic. W. 1875. No. 50.

[3]) Centralbl. f. d. medic. W. 1876. No. 1.

„Ich glaube nämlich eine Lösung der Widersprüche in solchem Sinne gefunden zu haben, dass die neuerlich entdeckten Erscheinungen den von mir angenommenen Process der Karyolyse nicht umstossen, sondern vielmehr einen vollständigeren, an einem Punkte tiefer vordringenden Einblick in diesen Process vermitteln. Hier kann ich freilich meine Ansicht von der Sache nur in Kürze bezeichnen und begründen, nämlich folgendermassen:

I. Der bewusste längsstreifige Körper ist nicht der Kern, sondern der Mitteltheil der von mir so genannten karyolytischen Figur, also ein Product der Vermischung der eigentlichen Kernsubstanz mit dem umgebenden Protoplasma. Die Gründe für diese Annahme liegen in folgenden Umständen.

1) Besagter Körper hat meistens ein grösseres, zuweilen viel grösseres Volumen als der ursprüngliche Kern. Dies geht schon aus der Betrachtung der Abbildungen Bütschli's, Strasburger's und Hertwig's hervor, während Mayzel ausdrücklich die vergleichsweise sehr bedeutende Grösse dieser von ihm als Kerne bezeichneten Gebilde hervorhebt. Auch Tschistiakoff schreibt seinem Pronucleus häufig eine beträchtliche Grösse zu und erwähnt für einzelne Fälle, derselbe verbreitere sich bis beinahe zur Peripherie der Zelle.

2) Dieses Gebilde hat nach übereinstimmenden Angaben nicht eine scharfe, sondern eine sehr verschwommene Begrenzung, was begreiflicher Weise nach meiner Ansicht sehr erklärlich ist.

3) Erst mit oder nach anscheinendem Verschwinden des alten Kerns ist der längsstreifige Körper aufzufinden. Auch dann aber ist er im natürlichen und lebendigen Zustande durchaus nicht von dem umgebenden Protoplasma zu unterscheiden und überhaupt unsichtbar, oder er erscheint höchstens als ein unbestimmt begrenzter, etwas hellerer Fleck. Es bedarf einer Behandlung mit Chemicalien, um eine Differenzirung im Innern seiner Substanz deutlich zu machen und damit diese centrale Region der Zelle aus der homogenen Umgebung hervorzuheben. Die jetzt kenntlich werdende Structurerscheinung ist aber der optische Ausdruck von gesetzmässigen Formverhältnissen, unter welchen die Vermischung und später wieder die Sonderung der beiderlei Substanzen vor sich geht, von Ungleichmässigkeiten der Vertheilung derselben, wie sie im Anfange und gegen das Ende des Processes natürlicher Weise vorhanden sein müssen, vielleicht aber auch in einem mittleren Zeitraume in gewissem Grade sich erhalten [1]), und zeigt

---

[1]) Dieselbe Deutung ist auch anwendbar auf die Tinctions-Bilder, welche Flemming von Eiern während der Furchung gewonnen hat. Vgl. seine

andererseits diejenigen Molecularverschiebungen an, welche mit der fortschreitenden Längsstreckung des Ganzen zusammenhängen. Im Besondern bildet sich gegen das Ende des Processes in der Aequatorialebene durch Auspressen des Kernsafts in der Richtung nach den beiden Polen hin eine dichtere Querschicht; diese bleibt bestehen und verhindert als Scheidewand das Zusammenfliessen der beiden jungen Kerne, welche nach meinen, von Hertwig bestätigten Beobachtungen in diesem Mittelstiel der Figur, ziemlich nahe bei einander auftauchen, und enthält zugleich in sich die Trennungsebene der Tochterzellen.

4) Dass der streifige Körper nicht ausschliesslich, ja nicht einmal vorzugsweise aus Kernsubstanzen besteht, zeigt sich auch dadurch, dass seine Hauptmasse gar nicht in die Bildung der jungen Kerne eingeht. Damit komme ich auf den zweiten Hauptpunkt.

II. Die jungen Kerne entstehen nicht durch Theilung eines Mutterkerns. Die Beobachtung lehrt nämlich, dass die Substanz des streifigen Wesens nicht in der Bildung der jungen Kerne aufgeht, dass vielmehr letztere nur an den Polen jenes Gebildes als zwei relativ kleine, kuglige, im natürlichen Zustande helle und homogene Körper sich differenziren, zuweilen deutlich aus kleineren Tröpfchen zusammenfliessend, also als Ansammlungen einer vorher vertheilt gewesenen Substanz sich kundgebend. Der grössere Rest des bewussten Gebildes aber geht nicht in die neuen Kerne, sondern als Constituens des protoplasmatischen Zellenleibes in diesen über und kommt zum Theil sogar an die Peripherie der Tochterzellen zu liegen, wo er bei Pflanzen die Cellulosemembran ausscheiden hilft. Wäre also auch der streifige Körper wirklich der Mutterkern, so wäre meines Erachtens dennoch keine Kerntheilung im morphologischen Sinne anzunehmen. Ausserdem aber sind diese Verhältnisse wohl geeignet, meine schon aus den anderen, oben betonten Punkten gezogene Schlussfolge noch mehr zu bekräftigen, dass der streifige Körper ein aus den Kernsubstanzen und dem von den Seiten her in sie eingedrungenen Zell-Protoplasma combinirtes Gebilde ist, also ein integrirender Bestandtheil, und zwar bei manchen Zellen, wie es scheint, der massigste Theil der karyolytischen Figur.

Gewiss werden zur völligen und sicheren Aufklärung dieser wichtigen Vorgänge noch viele mühsame Untersuchungen nöthig sein. Bei diesen Bemühungen dürften aber die hier vorgebrachten Bemerkungen Berücksichtigung verdienen. Sie sollen darauf aufmerksam

---

„Studien in der Entw.-Gesch. der Najaden." Stzber. der Wiener Akad. d. W. Bd. LXXI, Taf. III. Fig. 2. (1875.)

machen, dass die Annahmen einer Karyolyse und einer Neubildung der jungen Kerne auch jetzt noch ihre Berechtigung haben und sogar in den neuerlich ermittelten Thatsachen neue Stützen finden können."

Für die meisten der in dieser kurzen Aussprache berührten Punkte finden sich auch in Strasburger's Schrift reichlich Belege, die in meinem Sinne sprechen, und brauche ich nur im Allgemeinen darauf zu verweisen. Die sub I. 3 vorgebrachten Bemerkungen dürften Denjenigen, welche sich mit dem Studium dieser Dinge beschäftigt haben, wohl verständlich sein. Ausführlichere Erläuterungen und Begründungen muss ich mir für einen anderen Ort vorbehalten.

Noch sei aber Folgendes hinzugefügt. Die karyolytische Figur oder — wie ich diesen meiner Meinung nach durch Auflösung des Kerns, respective durch reichliche Vermischung mit Kernsaft veränderten Theil des Zell-Protoplasma künftig der Kürze halber auch nennen werde — das Karyolyma tritt im natürlichen Zustande nur dann deutlich hervor, wenn das übrige Protoplasma zahlreiche dunklere Körnchen enthält, aus welchen sich jenes als ein blasser, homogener Bezirk hervorhebt. Ist das allgemeine Zellprotoplasma hyalin, so kann jenes, wie schon Bütschli bei einer anderen Gelegenheit richtig bemerkt hat, unsichtbar bleiben. Es ist aber in diesem Falle auch möglich, dass wegen anderer Widerstandsverhältnisse die karyolytische Figur eine andere, von der bisher charakteristischen abweichende Form annimmt. Die Gestalt könnte sehr wohl, wie bei allen organischen Bildungen, abgestuften Variationen unterworfen, z. B. die Köpfe und Strahlen der Figur sehr klein oder auf Null reducirt sein. Im letzteren Falle würde sich nur ihr Mitteltheil ausbilden und dieser unter dem Einfluss gewisser Reagentien als streifiges Gebilde erscheinende Bezirk das ganze Karyolyma repräsentiren. Es sind das Eventualitäten, welche als positive Vorkommnisse nur aus weiteren Untersuchungen hervorgehen könnten, auf welche indessen vorn herein aufmerksam zu machen, wohl nicht überflüssig ist.

Ein Paar besondere Worte verdienen übrigens die Angaben Tschistiakoff's, welcher von meiner Auffassung wenigstens insofern weniger entfernt war, als er den gestreiften Körper nicht einfach mit dem Kerne identificirte. Wenn er aber angiebt, öfters gesehen zu haben, dass dieses Gebilde sich nachträglich in einen echten „morphologischen" Nucleus umwandele und ihm deshalb den Namen Pronucleus giebt, so steht dies nicht im Einklange mit allen anderweitigen Beobachtungen. Diese ergeben übereinstimmend wenigstens so viel, dass der streifige Körper, welcher wegen seiner Entstehung auch ein postnucleäres Gebilde ist, gewöhnlich die Bestim-

mung hat, sich innerlich in zwei junge Kerne an seinen Polen und in einen mittleren Theil, welcher zur Bildung des Zellenleibes und der Membran der Tochterzellen mit verwandt wird, zu differenziren. Wenn es daher für diesen mittleren, unter Umständen gestreift erscheinenden Theil des Karyolyma eines besonderen Namens bedürfen sollte, so könnte derselbe, sowohl im zeitlichen wie im räumlichen Sinne, passender als Internucleus bezeichnet werden.

Schliesslich spreche ich noch den Wunsch aus, dass die obigen Erörterungen allseitig so gänzlich als sachliche, nur zur Förderung der Forschung beigebrachte aufgenommen werden mögen, wie sie meinerseits *sine ira*, wenn auch *cum studio*, geschrieben worden sind.

Breslau, im December 1875.

Anatomie
der
vegetativen Organe von Dionaea muscipula Ell.

Von

Dr. A. Fraustadt.

Mit Tafel I. bis III.

Obwohl der Insectenfang durch die Blätter bei derjenigen Pflanze, deren Anatomie den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung bildet, bereits im vorigen Jahrhunderte (1771) durch Johann Ellis bekannt gemacht wurde, so erfuhr doch diese Thatsache bei dem damaligen Stande der Naturwissenschaften nicht die gebührende Würdigung. Man sah in der gemachten Beobachtung nur das Sonderbare und liess es dabei bewenden, ohne aus ihr Folgerungen für die Lebensweise der Pflanzen zu ziehen. Erst durch Darwin[1]) ist die Wichtigkeit der Insecten fangenden und verzehrenden Pflanzen für die Pflanzenphysiologie erkannt worden. Jedoch berücksichtigt Darwin die anatomischen Verhältnisse nur in so weit, als sie für seine physiologischen Versuche in Betracht kommen, wie dies im Plane seines Buches liegt. Deshalb unternahm ich es im hiesigen pflanzenphysiologischen Institute auf Veranlassung und unter Leitung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Dr. Ferd. Cohn, die Vegetationsorgane von *Dionaea muscipula* Ellis vollständig, soweit dies mir möglich war, anatomisch zu untersuchen und die ganze Anatomie derselben in vorliegender Arbeit zusammenzustellen, um so eine Ergänzung zu den bis jetzt bekannten Untersuchungen über *Dionaea* zu liefern. Vorher aber habe ich es für zweckmässig erachtet, eine vorläufige Orientirung über den Habitus zunächst der ganzen Pflanze und dann im Besonderen eines einzelnen *Dionaea*blattes zu geben.

Habitus von Dionaea muscipula Ell. Diese merkwürdige Pflanze besteht in ihren oberirdischen Theilen nur aus einer grösseren oder

---

[1]) Charles Darwin. Insectivorous plants. London 1875.

geringeren Anzahl grüner, älterer und jüngerer Laubblätter, welche sämmtlich um einen Mittelpunkt herum im Kreise angeordnet sind (Tafel I. Fig. 1.). Die Blätter von *Dionaea* zeigen ähnliche Nutationserscheinungen wie die von *Drosera rotundifolia* L.; die älteren, d. h. fertig ausgebildeten Blätter sind niedergebeugt, manchmal sogar den Boden berührend, jedenfalls aber immer einen sehr spitzen Winkel mit der Horizontalen bildend, während die jüngeren Blätter um so steiler aufgerichtet sind, in einem je unentwickelteren Zustande sie sich noch befinden, und sehr junge, unausgebildete Blätter sogar senkrecht stehen. Der Unterschied der Blätter in Bezug auf Alter und Dimensionen ist bei einem und demselben Exemplare gewöhnlich sehr bedeutend, da diese Pflanze auch in unseren Gärten und selbst bei weniger guter Pflege eine sehr grosse Zahl von Blättern entwickelt, wie das namentlich bei den grössten meiner Exemplare in wahrhaft auffallender Weise sich zeigte. Dies dürfte vielleicht mit dem Umstande in Zusammenhang stehen, dass jedes ausgewachsene Blatt nach den Beobachtungen von Dr. Canby und Mrs. Treat nur eine geringe Anzahl Insecten (meist 3 bis 4) zu fangen vermag. Ich selbst habe beobachtet, dass die grossen Blätter eines sehr kräftigen Exemplares zwei bis drei Mal Stückchen festen Eiweisses in sich aufnahmen, bei weiteren Fütterungsversuchen aber abstarben, ohne das Eiweiss verzehrt zu haben. Jedenfalls also fängt und verzehrt jedes Blatt immer nur wenige Insecten, deren Anzahl sich vermuthlich nach ihrer Grösse, oder, was in vielen Fällen dasselbe ist, nach der Menge der Nährstoffe richtet, welche von dem Blatte wirklich aufgenommen werden, so dass unter Umständen ein einziges, grosses Insect schon genügt oder selbst schon für das Blatt zu viel giebt; die Unfähigkeit eines Blattes, sehr viele Thiere zu fangen und zu verdauen, wird durch das schnelle Wachsthum der jüngeren Blätter ausgeglichen. In ihrem Vaterlande, feuchten Gegenden im östlichen Theile von Nord-Carolina, bei guter Cultur auch in unseren Gewächshäusern, erhebt sich aus der Mitte des Blattkreises von *Dionaea* der etwa 15 bis 20 Centimeter hohe Blüthenschaft. Derselbe ist von Ellis[1]) beschrieben worden, ich selbst hatte ihn zu untersuchen noch keine Gelegenheit.

---

[1]) Joh. Ellis soc. reg. scient. Lond. et Upsal. sod. de Dionaea muscipula planta irritabili nuper detecta ad perill. Car. a Linné Equ. s. r. m. Sueciae archiat. med. et bot. prof. Upsaliensem & c. epistola. — Aus dem Englischen übersetzt und herausgegeben von D. Johann Christian Daniel Schreber. Erlangen 1771.

Habitus eines Dionaeablattes. Hier verdient zunächst der Blattstiel eine besondere, ausführlichere Betrachtung; denn er übertrifft an Dimensionen die Blattspreite selbst immer bedeutend; er ist breit geflügelt (Tafel I. Figur 1), d. h. zu beiden Seiten der sehr kräftig entwickelten Mittelrippe in einen dünnen, flachen, grünen Saum erweitert, welcher vom Grunde des Blattstieles an bis zu dessen Spitze allmählich an Breite zunimmt und an der Spitze gerade abgestutzt ist, so dass er die Gestalt eines langen schmalen Keiles besitzt, dessen beide Ecken oben schwach abgerundet sind (Taf. III. Fig. 3). In der Regel ist der Blattstiel ganzrandig, schwach nach abwärts gebogen, auf der Oberseite meist etwas dunkler grün gefärbt, als auf der unteren; sein Querschnitt ist auf der Oberseite fast eben, während auf der unteren Seite die Mittelrippe, welche durch seine ganze Länge hindurch in gleichmässiger Stärke verläuft, halb cylinderförmig, also im Querschnitte halbkreisförmig vorspringt. Aus der Spitze des Blattstieles austretend, verläuft die Mittelrippe eine kleine Strecke, beim völlig ausgewachsenen Blatte nur etwa einen Millimeter ungeflügelt und setzt sich sodann in die Lamina fort, an deren Spitze sie als noch kürzere, stumpfe Hervorragung endet. (Tafel I. Fig. 3 bei e.) Auf der Unterseite der Lamina springt sie ebenso stark vor, wie auf derjenigen des Blattstieles, und ist dabei schwach nach abwärts gekrümmt. Die Lamina selbst wird gewöhnlich schlechthin als rundlich und zweilappig bezeichnet; genauer lässt sie sich immer betrachten als bestehend aus zwei trapezförmigen Hälften, die mit ihren kleineren Grundlinien in der Mittelrippe zusammenstossen, während die beiden anderen grösseren Grundlinien durch flache Kreisbogen gebildet sind. Das sind zugleich die beiden einzigen krummen Theile des Randes der Blattspreite, während derselbe an der Basis und an der Spitze vollkommen geradlinig ist. Die gekrümmten Ränder sind ausserdem in eine Anzahl (15—20) lange, schlanke, spitzige und sehr feste Fortsätze ausgezogen, welche Borsten oder Spitzen (*spikes* nach Darwin) genannt und von mir in der Folge als R a n d b o r s t e n bezeichnet werden mögen, während der geradlinige obere und untere Rand des Blattes derselben vollständig entbehrt. (Taf. I. Fig. 3.) Die Randborsten sind nicht alle von gleicher Grösse, die mittleren auf jeder Seite sind die dicksten und längsten, von da nimmt ihre Grösse nach beiden Seiten hin nahezu gleichmässig ab. Nur der Unterschied in der Länge zwischen den mittleren und den äusseren ist bei verschiedenen Blättern verschieden gross und bei älteren grösser, als bei den jüngeren. Die Zwischenräume zwischen den Randborsten

sind durch stumpfe, am Grunde fast halbkreisförmige Ausschnitte gebildet.

Die beiden Hälften der Lamina rechts und links von der Mittelrippe liegen, wenn das Blatt geöffnet ist, nicht, wie bei den Blättern so vieler anderer Pflanzen, in einer Ebene, sondern bilden einen spitzen Winkel mit einander, welchen Darwin in einem Falle zu 80° gemessen hat.

Ungefähr in der Mitte ihrer Oberseite trägt jede Blattspreitenhälfte ausserdem noch drei den Randborsten äusserlich ähnliche, aber schwächere, kürzere und nicht so starre haarförmige Gebilde, welche wir später als Mittelborsten näher kennen lernen werden. Dieselben sind unter sich von einerlei Stärke und Länge; bei sämmtlichen von mir zu anatomischen Zwecken untersuchten Blättern dieser Pflanze fand ich sie stets in ein Dreieck gestellt (Taf. I. Fig. 3 bei mb), und zwar so, dass die die Spitze dieses Dreiecks bildende Mittelborste der Mittellinie des Blattes zugekehrt ist und die Verbindungslinie der beiden anderen Mittelborsten derselben ungefähr parallel geht. Auch fand ich nie mehr und nie weniger als drei Mittelborsten, doch hat Darwin zwei Blätter mit vier und eins mit nur zwei Mittelborsten gesehen, er giebt indessen nicht die Stellung derselben in diesen abnormen Fällen — wie ich sie bezeichnen möchte — an. Wenn sich ein Blatt nach Berührung einer dieser sechs Mittelborsten schliesst, wobei sich seine beiden Hälften um die Mittelrippe als Axe gegen einander bewegen und sich zusammenlegen, so greifen die Randborsten dergestalt in einander ein, dass eine jede in den Zwischenraum zweier der anderen Laminahälfte zu liegen kommt.

Die Ober- oder im geschlossenen Zustande die Innenfläche der Lamina ist mit zahlreichen Pünktchen dicht besetzt, welche wir weiter unten als Drüsen kennen lernen werden. (Taf. I. Fig. 3 bei d.) In kräftig vegetirenden Blättern sind dieselben roth; von ihnen abgesehen ist das ganze übrige Blatt einförmig grün gefärbt, während Ellis, der diese Pflanze zuerst beobachtete und beschrieb, in seiner oben angeführten Schrift den mit Borsten besetzten Rand und die Mittelrippe auf der Unterseite der Lamina gelb gezeichnet hat, was ich niemals beobachtet habe. Bei weniger gut gedeihenden und minder reizbaren Blättern haben die Drüsen keine oder nur sehr schwache rothe Färbung; im letzteren Falle ist dann auch die Oberseite der Lamina einförmig grün.

Um endlich noch der Dimensionen des Blattes mit wenigen Worten zu gedenken, so giebt William Young aus Philadelphia, wie

Ellis anführt, die Länge der grössten Blätter, die ihm vorgekommen, zu ungefähr drei engl. Zoll (jedenfalls incl. Blattstiel) und ihre Breite zu anderthalb Zoll an. Das grösste Blatt von fünf Exemplaren, welches ich selbst gemessen habe und welches von einem überaus kräftigen und reizbaren Exemplare stammte, das ich durch die Güte des Herrn Geh. Rath Göppert aus dem hiesigen Königlichen botanischen Garten der Universität zur Untersuchung erhielt, hatte folgende Dimensionen: Die Länge der Lamina in der Mittelrippe betrug 13 Millimeter, die Länge des die Borsten tragenden Randes (die Sehne des gebogenen Randes gemessen) betrug 20 und die Breite jeder Hälfte der Lamina in der Mitte (die Randborsten abgerechnet) 15 Millimeter. Bei vier anderen kleineren Exemplaren, welche aus Erfurt bezogen wurden, betrugen dieselben Dimensionen durchschnittlich etwa 1 Centimeter, und einige Blätter eines anderen Exemplares, deren Entwickelung ich bis zur fertigen Ausbildung verfolgt habe, erreichten ihre definitive Gestalt schon bei folgenden, bescheidenen Dimensionen: Länge der Blattspreite in der Mitte 4 Millimeter, in dem borstentragenden Rande 5 Millimeter, Breite jeder Laminahälfte nur 2 Millimeter. Hierbei will ich bemerken, dass in den aus Erfurt bezogenen Pflanzen fast sämmtliche Blätter je ein Thierchen eingeschlossen und mehr oder minder verdaut hatten; jedoch waren es nicht, wie man nach den gewöhnlichen Angaben über die Nahrung dieser Pflanze vermuthen sollte, geflügelte Insecten, sondern theils Asseln, theils Myriapoden *(Oniscus* und *Polydesmus)*, welche auf dem Boden kriechen und Schlupfwinkel aufsuchen, und es ist zu vermuthen, dass diese Thierchen den auf dem Boden ausgebreiteten Blättern leichter zur Beute werden, als die in der Luft umherfliegenden Insecten.

Oberflächen-Verhältnisse der Lamina. Wir haben oben gesehen, dass die beiden Hälften der Lamina nicht in einer Ebene liegen, sondern einen spitzen Winkel mit einander bilden. Eben so ist jede Hälfte der Blattspreite für sich betrachtet selbst im geöffneten Zustande des Blattes keine völlig ebene Fläche, wie man an grossen Blättern schon mit blossem Auge erkennen kann, in jedem Falle aber ein Querschnitt durch die ganze Lamina deutlich zeigt. Jede Blatthälfte ist in ihrem der Mittelrippe anliegenden Theile schwach und unten und aussen convex; unter den Borsten des Randes dagegen entgegengesetzt gebogen, nämlich nach oben und innen convex (Taf. I. Fig. 2 bei l und v). Beide so gebildete Biegungen laufen fast durch die ganze Länge der Lamina bis an den gradlinigen Rand; die Krümmung nahe der Mittelrippe ist die breitere,

während die entgegengesetzte Biegung am Rande nur einen langen, schmalen Streifen einnimmt. Die Convexität der Blattfläche nach aussen vergrössert sich nun, wenn das Blatt ein Thier gefangen oder über einer anderen organischen Substanz sich geschlossen hat, so dass man ungefähr die Grösse und die Umrisse der eingeschlossenen Nahrung von aussen her erkennen kann. Darwin hat sogar die Grösse der Einwärtskrümmung beim geschlossenen Blatte gemessen, indem er an verschiedenen Stellen der Blattfläche feine schwarze Punkte verzeichnete, deren Abstand zuerst an dem geöffneten Blatte bestimmte, und dann, wenn das Blatt gereizt worden war und sich geschlossen hatte. Da die Randborsten beim geschlossenen Blatte in einander greifen, so wird ausser der grossen Höhlung, in welcher die Nahrung eingeschlossen gehalten wird (Taf. I. Fig. 2 bei hg), noch eine zweite, eben so lange, jedoch viel schmälere unter der Kreuzungsstelle der Randborsten gebildet. (Taf. I. Fig. 2 bei hk.) Der Verschluss erfolgt an dem gekrümmten, mit Borsten besetzten Saume durch die nach innen convexe Region nahe dem Blattrande, dagegen an den beiden geradlinigen, nicht mit Borsten besetzten Säumen durch den Rand selbst. Schliesslich möchte ich noch hervorheben, dass dieselben Verhältnisse der Krümmung der Blattfläche und die nämliche Art des Verschlusses schon bei den eben fertig ausgebildeten Blättern beobachtet werden, ehe dieselben sich geöffnet, mithin noch keine thierische Nahrung zu sich genommen haben. An dieser Stelle will ich auch betonen, was meiner Ansicht nach noch nicht genug hervorgehoben ist, dass sich die Blätter von *Dionaea* einerseits nach der Berührung einer der Mittelborsten augenblicklich schliessen, ohne die eben geschilderten Formen der Laminaoberfläche dabei zu verändern, dass andererseits die Blätter durch den chemischen Reiz, welcher von der Absorption organischer Stoffe durch die Drüsen hervorgerufen wird, sich, jedoch nur sehr langsam und allmählich schliessen, dabei aber ihre Oberfläche in so weit verändern, als sie, der organischen Substanz sich dicht anlegend, nach aussen eine grössere Convexität annehmen. Dabei machte ich noch die Beobachtung, dass Blätter, welche für den mechanischen Reiz, hervorgerufen durch Berührung einer Mittelborste, ganz unempfindlich waren und sich selbst nach starker Berührung aller sechs Mittelborsten nach einander nicht schlossen, dennoch auf den chemischen Reiz nach längerer oder kürzerer Zeit reagirten, die Drüsen zur Secernirung veranlassten und die Lamina zwar langsam aber vollständig schliessen machten.

Die Epidermis der Blattspreite besteht sowohl auf der Ober- (oder Innen-), als auch auf der Unter- (oder Aussen-) Seite im Allgemeinen aus viereckigen, etwas gestreckten Zellen, welche sich an ihren beiden schmäleren Enden theils mit geraden, theils mit schiefen, manchmal sogar mit sehr schrägen Wänden begrenzen (Taf. I. Fig. 4 bei e). Die Längsrichtung der Epidermiszellen folgt in der sehr stark entwickelten Mittelrippe der Längsaxe des Blattes (Taf. II. Fig. 1 bei em); in den beiden Hälften der Lamina ist sie senkrecht zu dieser Richtung (Taf. II. Fig. 1 bei el), so dass also hier die Epidermiszellen alle gewissermassen gegen die Mittelrippe hin gerichtet sind. Zwischen beiden Theilen liegen Bogenreihen von Epidermiszellen, die nach der Blattbasis hin gekrümmt sind (Taf. II. Fig. 1 bei ez). Am gekrümmten Rande der Lamina, zwischen je zwei Randborsten, haben jedoch die Zellen der Oberhaut die verschiedenste Lage und Gestalt, sind zum Theil kurz und besitzen manchmal unregelmässig gebogene Zellwände. Diese Gruppen anders gestalteter Epidermiszellen liegen zwischen verlängerten Zellenreihen, welche, aus der Mitte der Lamina kommend, sich daselbst theilen und über die Randborsten hin sich fortsetzen. Auf der Oberseite ausgewachsener Blätter sind die Epidermiszellen meist höher, oft auch breiter, als auf der Unterseite der Lamina (Taf. II. Fig. 3 und 7). Alle Epidermiszellen sind an ihrer freien Oberfläche stark cuticularisirt und enthalten Chlorophyllkörner in sehr grosser Anzahl, welche rundlich und durchscheinend sind, und in dem Falle, dass das betreffende Blatt noch keine thierische, überhaupt organische Nahrung absorbirt hat, sehr viele Stärkekörner enthalten, wie weiter unten, wo von der Einwirkung chemischer Reagenzien gehandelt werden wird, ausführlicher angegeben werden soll. Die Epidermiszellen der Randborsten enthalten weniger Chlorophyll und erscheinen deshalb auch nicht so intensiv gefärbt, wie die übrigen grünen Theile des Blattes.

Erzeugnisse der Epidermis. Drüsen. Sehr viele Epidermiszellen von der Oberseite der Lamina sind Träger der Drüsen. Diese sondern, nachdem das Blatt ein Thierchen gefangen hat, oder wenn ihm eine andere stickstoffhaltige organische Nahrung, die aber feucht sein muss, gereicht worden ist, einen farblosen, etwas schleimigen, sauer reagirenden Saft aus, welcher die Auflösung der Nahrung bewirkt. In allen anderen Fällen, also auch, wenn ein Blatt in Folge mechanischer Reizung sich geschlossen hat, und selbst dann, wenn die stickstoffhaltige organische Substanz nicht feucht ist, secerniren die Drüsen nicht und die Blattoberfläche bleibt vollkommen

trocken[1]). Die Drüsen sind aber nicht über die ganze obere Fläche der Lamina gleichmässig verbreitet, sie nehmen allerdings den grössten Theil derselben ein, lassen aber auf allen vier Seiten einer seitlichen Blattspreitenhälfte, d. h. also unter den Randborsten, über der Mittelrippe, an der Basis und an der Spitze desselben einen schmalen Rand frei. Besonders zahlreich stehen die Drüsen gegen die Mittelrippe hin und hier zuweilen so dicht bei einander, dass sie sich mit ihren Rändern berühren. In der oberen Hälfte jeder Blatthälfte in der Nähe des gekrümmten und mit Borsten besetzten Randes stehen die Drüsen sparsam und mehr vereinzelt (Taf. I. Fig. 3 bei d); sie stehen also zweckmässiger Weise da am dichtesten, wohin gewöhnlich das gefangene Thier oder die dem Blatte gegebene organische Nahrung zu liegen kommt. Abgesehen davon habe ich eine Gesetzmässigkeit der Anordnung der Drüsen nicht auffinden können. Jedenfalls entstehen die Drüsen in Reihen, wie die Epidermiszellen, deren Erzeugnisse sie sind; doch hat die verschiedene Häufigkeit der Drüsen an verschiedenen Stellen des Blattes ihre reihenweise Anordnung ganz verwischt und unmerkbar gemacht.

Jede einzelne Drüse befindet sich in einer seichten Einsenkung der Epidermis, so dass die letztere zwischen zwei benachbarten Drüsen eine flache Erhebung bildet, was man besonders gut auf einem Querschnitte durch die Lamina beobachten kann. Mitunter ist die Oberfläche dieser Einsenkung der Unterfläche der Drüsen genau entsprechend gebogen, so dass sie gewissermassen einen Hohldruck derselben darstellt. Jede Drüse von der Fläche gesehen ist kreisrund (Taf. I. Fig. 4 bei d) und besteht aus drei concentrischen Zellreihen, deren innerste, eigentlich eine Zellschicht, aus vier polygonalen Zellen besteht, welche in der Mitte in Kreuzform zusammenstossen. Die nächst äussere sie umgebende Zellreihe besteht aus acht Zellen und die äusserste enthält deren sechszehn; doch kommen hin und wieder Unregelmässigkeiten und Ausnahmen von diesem Typus vor, auch sind die Zellen einer ringförmigen Reihe bisweilen verschieden gross und auch sonst einander ungleich.

Drüsen von oben gesehen zeigen natürlich nur die Zellen der oberen Schicht des Drüsenkörpers. Im Längsschnitte betrachtet besteht jede Drüse im fertigen Zustande immer aus drei Theilen, von denen der erste in der Epidermis selbst steckt, nämlich:

1) dem Basaltheil der Drüse (Taf. I. Fig. 8 bei b),
2) dem Drüsenstiele (Taf. I. Fig. 8 bei st) und
3) dem Drüsenkörper (Taf. I. Fig. 8 bei k).

[1]) Darwin l. c. p. 295.

Der Basaltheil der Drüse hat ungefähr die Gestalt eines niedrigen, abgestumpften Kegels, der Ellipsen zu Grundflächen hat. Die grösste Axe desselben folgt der Längsrichtung der Epidermiszellen. Daher erscheint der Basaltheil in längs durchschnittenen Drüsen stets nach unten zu deutlich verbreitert und zeigt im Umrisse die Form eines Trapezes; er besteht aus einem Zellenpaar; die primäre Basalzelle wird durch eine senkrecht auf der Blattfläche stehende Längsscheidewand, welche der Längsrichtung der Epidermiszellen parallel geht, nochmals in zwei Zellen getheilt. Da nun aber die Zellen der Oberhaut, wie wir gesehen haben, in der Mittelrippe der Längsaxe des Blattes folgen, sonst in der Lamina senkrecht darauf stehen, so ergiebt sich daraus von selbst, dass man auf Blattquerschnitten, welche Drüsen längs durchschnitten haben, jene Zellwand nur in denjenigen Drüsen sieht, welche auf der Mittelrippe liegen, weil sie nur hier vom Schnitte getroffen wird, dagegen auf den übrigen Theilen der Lamina der Schnittfläche parallel geht, und umgekehrt sieht man sie auf Längsschnitten durch das Blatt nur in den Drüsen auf den beiden Seitenhälften der Lamina (Taf. II. Fig. 7) und nicht in denjenigen der Mittelrippe.

Der Drüsenstiel, welcher auf diesen beiden Zellen aufsitzt und über die freie Oberfläche der Epidermiszellen emporragt, besteht aus zwei niedrigen, neben einander liegenden und nach oben schwach gewölbten Zellen (Taf. I. Fig. 8 bei st und Taf. II. Fig. 7 bei dr), von deren gemeinsamer Wandung ganz dasselbe gilt, was soeben von den Basalzellen angegeben wurde. Da nun zugleich jede der beiden Zellen des Stieles von oben gesehen ungefähr halbkreisförmig ist, so sehen Drüsenstiele, deren zugehörige Drüsen abgefallen sind, Spaltöffnungen nicht unähnlich (Taf. I. Fig. 4 bei ds) und können, oberflächlich betrachtet, um so mehr zu Täuschungen Veranlassung geben, als wirkliche Spaltöffnungen auf dieser Stelle der Blattoberseite, wie später gezeigt werden wird, überhaupt nicht vorhanden sind. Häufig wird der Drüsenkörper durch rauhe Berührung der Blattinnenfläche von seinem Stiele abgetrennt. Dasselbe gelingt auch, wenn das Blatt und demnach die darauf befindlichen Drüsen einigermassen gross sind, durch vorsichtiges Schaben mit einem scharfen Messer, und man kann so die Drüsenstiele von oben her in grösserer Anzahl in ihrer Spaltöffnungen ähnlichen Gestaltung sehen.

Der eigentliche Drüsenkörper selbst endlich, welcher auf dem Stiele mit breiter Basis aufsitzt, besteht aus zwei übereinander liegenden und wie die obere Fläche der Stielzellen nach oben gewölbten Zellenschichten (Taf. I. Fig. 8 bei k), deren obere fast um die

Breite ihrer Randzellen die unter ihr liegende überragt. Die Randzellen der unteren Schicht des Drüsenkörpers sind am stärksten nach oben, diejenigen der oberen Schicht sehr stark nach auswärts gekrümmt. Die Zellen des Drüsenkörpers sind bei kräftig vegetirenden Pflanzen mit einer schön purpurrothen, sonst aber mit farbloser Flüssigkeit erfüllt und enthalten keine Stärke.

Was die Entwickelungsgeschichte der Drüsen anbetrifft, so ist dieselbe ziemlich einfach und leicht zu beobachten. Die Drüsen bilden sich aus einer Epidermiszelle durch eine papillenartige Ausstülpung derselben (Taf. I. Fig. 5 bei a), welche sich durch eine Querscheidewand parallel der Oberfläche des Blattes abgrenzt. Die untere der beiden so entstandenen Zellen wird zum Basaltheil der Drüse; sie verbreitert sich später nach unten und theilt sich durch eine Längsscheidewand senkrecht auf der Blattfläche und parallel der Längsrichtung der Epidermiszellen. Die obere Zelle theilt sich dagegen nochmals durch zwei Querscheidewände parallel der Blattoberfläche in drei über einander liegende Zellen, von denen die unterste sich durch eine Längswand noch einmal theilt und zum Drüsenstiele sich ausbildet, während die beiden obersten den eigentlichen Drüsenkörper darstellen, indem sie sich noch durch verschiedentlich gestellte Zellwände, die aber sämmtlich zur Blattfläche senkrecht sind, in unregelmässiger Reihenfolge in diejenigen polygonalen Zellen theilen, welche wir schon oben kennen gelernt haben.

Wie die roth gefärbten Zellen in den Köpfchenhaaren von *Drosera*, so zeigen auch die Zellen der Drüsen auf der Blattoberseite von *Dionaea* die eigenthümliche Erscheinung der von Darwin entdeckten Aggregation [1]). Darunter versteht man bekanntlich die ziemlich raschen und unregelmässigen Gestaltveränderungen des rothen, von Darwin als Protoplasma betrachteten Farbstoffes, deren Uebertragung auf die benachbarten Zellen der Fortpflanzungsrichtung des Reizes folgt. Wie dort, so beginnt auch hier bei *Dionaea*, wie ich selbst noch beobachtet habe, die Aggregation jeder Drüsenzelle gewöhnlich mit der Zusammenziehung des rothen Farbstoffes, der dabei die verschiedensten Formveränderungen durchmacht, sich dann in mehrere Stücke theilt, die sich entweder wiederum theilen oder deren mehrere zu einem grösseren zusammenfliessen. Dabei macht sich ähnliche Mannigfaltigkeit geltend, wie Darwin an *Drosera rotundifolia* L. sehr ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen erläutert hat.

[1]) Darwin l. c. cap. III. p. 38 seq.

Indem ich gefärbte Nahrungsstoffe auf die Blätter brachte, gelang es mir, auch die Drüsenzellen selbst zu färben. Auf drei Blätter wurden kleine Stückchen von geronnenem und durch Anilinroth tief gefärbtem Eiweiss aufgelegt. Sämmtliche Blätter blieben nach diesem Versuche noch geöffnet, eines von ihnen schloss sich erst nach 24 Stunden zwar sehr langsam aber vollständig, desgleichen das zweite nach Verlauf von abermals 24 Stunden, und endlich 6 Stunden später auch das letzte von ihnen. Die während der ganzen Zeit constante Temperatur betrug + 28° C., indem die Pflanzen in einem Heizkasten bei dieser Temperatur feucht gehalten wurden. Nach acht Tagen öffnete sich das Blatt, welches sich zuerst geschlossen hatte; das Eiweiss war vollständig verschwunden, die Blattoberseite schon wieder völlig trocken und mit zahlreichen rothen Pünktchen bedeckt, während sie vor dem Versuche gleichmässig grün war, da die Drüsen ursprünglich farblosen Zellinhalt besessen hatten. Besonders lebhaft gefärbt war in jeder Drüsenzelle nach dem Versuche ein grosser rundlicher Körper, wahrscheinlich der Zellkern (Taf. I. Fig. 4 bei d); das ganze übrige Gewebe des Blattes hatte von der rothen Färbung nichts angenommen oder zeigte doch nichts mehr davon, ausgenommen einige peripherische Gefässe aus dem mittleren grossen Gefässbündel des Blattstieles, welche ebenfalls durch das Anilin roth gefärbt waren, jedoch mit einer gelblichen Nuance gegen die Drüsenzellen. Die auf solche Weise bewirkte Wiederfärbung der Drüsen hält sich sehr gut; sie ist jetzt, 14 Wochen nach den eben beschriebenen Versuchen noch recht deutlich zu erkennen und hat nur durch das Aufbewahren der Präparate in Glycerin sowohl, als auch durch das Liegen eines Restes jenes Blattes in absolutem Alkohol seit jener Zeit einen Stich ins Bläuliche angenommen. Ein zweiter Versuch an anderen Blättern, wobei unter übrigens gleichen Umständen Saffran als Färbemittel angewendet wurde, gelang weniger gut, denn die Drüsenzellen waren wohl gelblich, doch nicht so intensiv gefärbt, wie in dem ersten Versuche, auch konnte ich eine Färbung der übrigen Theile des Blattes, namentlich der Gefässbündel, in diesem Falle nicht deutlich beobachten.

Die Sternhaare. Wie die Oberseite der Lamina zahlreiche Drüsen, so trägt die Unterseite derselben sternförmige, meist achtstrahlige Gebilde, welche, gleich den Drüsen, den morphologischen Werth von Trichomen haben. Da ihre Zellen röthlichbraun oder orange gefärbt sind, so werden die Sternhaare erst mit Hilfe des Mikroskopes sichtbar, wie die ungefärbten Drüsen. Wie diese, so sind auch die Sternhaare nicht über die ganze Unterfläche der Lamina gleichmässig verbreitet,

sondern sie sind am häufigsten auf der Mittelrippe, während die Drüsen zu beiden Seiten derselben am gedrängtesten und zahlreichsten stehen. Auf denselben Stellen der Unterseite aber finden sich nur wenige und zerstreute Sternhaare und ebenso sind dieselben auf den Randborsten und zwar auf allen Seiten derselben, also auch in diesem Falle auf der Blattinnenfläche anzutreffen. Auf der eigentlichen Ober- oder Innenseite des Blattes habe ich niemals Sternhaare aufgefunden. Dagegen findet sich im Scheitel des Winkels, den je zwei Randborsten bilden, regelmässig ein Sternhaar. (Taf. I. Fig. 3 bei s.) Bei jüngeren Blättern sitzen diese Sternhaare an der tiefsten Stelle des Zwischenraumes zwischen den einzelnen Randborsten, bei älteren Blättern dagegen findet sich zwischen den mittelsten, also grössten Randborsten eine niedrige, stumpfpyramidale Erhebung des Blattgewebes bedeckt von der Epidermis, und trägt, wo sie vorhanden, auf ihrer Spitze das Sternhaar. Wenn man ein kleines, aber völlig entwickeltes Blatt in der Mittelrippe spaltet und dann eine Hälfte nach mehrtägigem Liegen in absolutem Alkohol mit einer schwachen Vergrösserung (etwa 30) betrachtet, womit man den gewimperten Rand zum grössten Theile übersehen kann, so gewährt die Regelmässigkeit der Lage je eines Sternhaares zwischen zwei Randborsten einen recht zierlichen Anblick (Taf. I. Fig. 3), um so mehr, als die Zellen der Sternhaare ihren röthlichbraunen Inhalt nicht verlieren, während das ganze übrige Blatt durch den Alkohol entfärbt wird.

Der anatomische Bau der Sternhaare ist ganz ähnlich demjenigen der Drüsen auf der Oberseite, deren homologe Vertreter auf der Unterseite sie sind. Die beiden Basalzellen und die des Stieles stimmen in Form und Lage, wie namentlich auch in der Richtung ihrer gemeinsamen Wandung vollständig mit denen der Drüsen überein (Taf. I. Fig. 10 bei sb und sst), so dass also der Unterschied zwischen Drüsen- und Sternhaaren wesentlich nur in dem oberen, von dem Stiele getragenen und über die Epidermis emporragenden Theile liegt. Derselbe besteht ebenfalls aus zwei übereinander befindlichen Zellschichten, welche nur wenige, um einen Punkt strahlenförmig angeordnete Zellen besitzen. Die Zellen der unteren Schicht bleiben kurz, diejenigen der oberen dagegen wachsen in 4 bis 8 lange, gleichmässig dicke, daher am freien Ende stumpfe Schläuche aus, die im fertigen Zustande unter einem spitzen Winkel gegen die Oberfläche des Blattes aufgerichtet sind (Taf. I. Fig. 10). Der röthlichbraune Inhalt derselben wird durch Alkohol und Glycerin zusammengezogen und nimmt dabei eine dunklere bis braunschwarze Färbung an.

Die Entwickelungsgeschichte der Sternhaare zu beobachten war mir noch nicht möglich; dieselben entstehen sehr viel früher, als die Drüsen, so dass sie auf den jüngsten, dem blossen Auge überhaupt noch sichtbaren Blättern, welche, wie erst das Mikroskop zeigt, fast allein aus der späteren Mittelrippe bestehen, schon in der fertigen Form vorkommen und zwar auffallender Weise in solcher Häufigkeit auftreten, dass sie sich auf Längs- wie auf Querschnitten durch ein solches junges Blatt zum Theil verdecken und das junge Blatt wie mit einem dichten Pelze von Sternhaaren gleichsam eingehüllt ist. Die Drüsen sind in diesem Alter noch nicht einmal durch Ausstülpung der Epidermiszellen angelegt. Ich zweifle indessen nicht, dass die Entwickelung der Sternhaare denselben Verlauf nimmt, wie diejenige der Drüsenhaare, von denen sie sich nur durch die geringere Zahl und die Gestalt der beiden obersten Zellschichten unterscheiden. Die Sternhaare besitzen keine so lange Lebensdauer, wie die Drüsen, indem sie vielmehr bald vertrocknen und abfallen. Man bemerkt dies natürlich am leichtesten auf den Randborsten und an den Sternhaaren zwischen denselben, wo dann an der tiefsten Stelle zwischen den Randborsten oder auf der pyramidenförmigen Erhebung zwischen ihnen nur noch die Stiele der Sternhaare zu sehen sind, gerade so wie bei den zufälligerweise und mit Gewalt abgestreiften Drüsen.

Die physiologische Bedeutung der Sternhaare betreffend, so hat sich Darwin ohne allen Erfolg, wie er selbst sagt, bemüht, irgend eine Function derselben bei der Ernährung der Pflanzen durch organische Substanz aufzufinden. Alle seine Versuche, die er angestellt hat, um zu erfahren, ob die Sternhaare organische Nahrung absorbiren könnten, ergaben negative Resultate. Es ist in der That unwahrscheinlich, dass die Sternhaare zu der Ernährung der Blätter durch Thiere in irgendwelcher Beziehung stehen; denn in diesem Falle stünden sie gerade dort, wo sie am allerentbehrlichsten sind, nämlich auf der Unterseite der Lamina, auf den Randborsten, zwischen ihnen und, wie ich später noch zeigen werde, auf dem Blattstiele, der weder reizbar ist, noch auch irgendwelche organische Substanz selbstständig aufzunehmen vermag, die ihm nicht aus der Lamina zugeführt wird. Hervorzuheben ist, dass die Sternhaare gerade an denjenigen Stellen des Blattes vorkommen, wo auch die Spaltöffnungen liegen.

Die Spaltöffnungen fehlen der Oberseite der Lamina, wenn wir von den Randborsten absehen, durchweg, dagegen sind sie zahlreich auf der Unterseite zu finden, auch auf den Randborsten, wo sie, wie die

Sternhaare, nicht bloss auf der äusseren Fläche derselben, sondern rings um dieselben, also auch auf der Oberseite der Randborsten stehen. Am häufigsten sind aber die Spaltöffnungen, wieder wie die Sternhaare, in der Nähe der Mittelrippe der Unterseite und auf dieser selbst, wo sie deutlich in Reihen stehen. Wie die Epidermiszellen zwischen der Mittelrippe und den Lappen der Lamina in Bogen angeordnet sind, so folgen auch die Spalten dieser Richtung, haben also an verschiedenen Stellen eine verschiedene Lage (Taf. II. Fig. 1 bei sp), die scheinbar ganz unregelmässig wäre, wenn man von derjenigen der anliegenden Zellen der Oberhaut absähe. Das vollständige Fehlen der Spaltöffnungen auf der Oberseite der Lamina darf meiner Ansicht nach nicht Wunder nehmen; denn die Spaltöffnungen stehen bekanntlich „da am häufigsten, wo ein lebhafter Austausch der Gase zwischen der Pflanze und der umgebenden Luft stattfindet, denn sie sind physiologisch genommen nichts Anderes als die Ausgänge der Intercellularräume des inneren Gewebes, die sich stellenweise zwischen den Epidermiszellen nach aussen öffnen[1])." Die Ernährung durch die Blätter scheint vielmehr dermassen vertheilt zu sein, dass diejenige durch organische Körper, gewöhnlich Thiere, ausschliesslich von der Oberseite besorgt wird, während daneben noch die Aufnahme anorganischer, luftförmiger Verbindungen der Unterseite der Lamina und beiden Seiten des Blattstieles, welcher vielleicht dafür ausnahmsweise so breit entwickelt ist, zukommt. Auch besitzt die Oberseite der Lamina auf den Randborsten, welche selbst nach dem Verschlusse des Blattes noch der äusseren Luft auf allen Seiten ausgesetzt sind, Spaltöffnungen, durch die auch ein Gasaustausch stattfinden kann.

Die den Schliesszellen der Spaltöffnungen benachbarten Epidermiszellen sind nicht anders gestaltet, als die übrigen Zellen der Oberhaut und namentlich ebenso langgestreckt (Taf. II. Fig. 1). Die Schliesszellen der Spaltöffnungen selbst haben von der Fläche gesehen die gewöhnliche halbmondförmige Gestalt, sind nach oben schwach gewölbt und gleichen von der Seite gesehen einem Ringausschnitte (Taf. I. Fig. 12 bei s). Sie sind gleich den übrigen Epidermiszellen mit Chlorophyll versehen und lassen einen ziemlich grossen Porus zwischen sich. Dieser letztere ist, in seiner vertikalen Richtung betrachtet, mitten weiter als oben und unten. Auf einem Längsschnitte durch die Spaltöffnung, welcher beide Schliesszellen halbirt, bemerkt man darum in der Mitte eine im Umrisse ungefähr

[1]) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. Seite 104.

kreisförmige Höhlung, die sich nach oben und unten in einen engen Kanal fortsetzt.

Das Grundgewebe. Im Allgemeinen besteht das Grundgewebe der Lamina von *Dionaea* aus verlängerten parenchymatischen Zellen, welche in ganz derselben Richtung wie die Epidermiszellen gestreckt sind, d. h. also in der Mittelrippe parallel der Wachsthumsaxe des Blattes, in dem übrigen Theile der Lamina hingegen senkrecht darauf. Im Besonderen jedoch zeigt das parenchymatische Grundgewebe der Mittelrippe einige Verschiedenheiten von demjenigen der beiden seitlichen Laminahälften, weshalb wir auch die erstere von diesen gesondert betrachten wollen.

Die in der Mittelrippe unmittelbar unter der Epidermis liegenden Zellenschichten des Grundgewebes sind von den inneren nicht wesentlich verschieden, so dass hier weder ein Hypoderm, noch eine eigentliche Pallisadenschicht, noch ein besonderes Schwammgewebe unterschieden werden kann. Sie sind vielmehr eng, ungefähr von ebenso weitem Lumen, wie die Epidermiszellen, im Querschnitte rundlich und in der Längsrichtung des Blattes, wenn auch wenig, so doch immer deutlich verlängert. Von ihnen ab nehmen die Zellen um so mehr an Weite sowohl wie an Länge zu, je mehr sie nach innen zu liegen und dem einzigen centralen Gefässbündel der Mittelrippe sich nähern, gehen aber in dessen nächster Umgebung wiederum in kürzere und engere Zellen über; auch sind die Zellen der Oberseite des Blattes in der Regel etwas weiter als die der Unterseite. Die inneren grösseren Parenchymzellen sind dünnerwandig und besitzen bei Weitem nicht so viel Chlorophyll, wie die äusseren und kleineren. Die ersteren sind ferner ebenfalls im Querschnitte rundlich und lassen sehr zahlreiche Intercellularräume von verschiedener Gestaltung zwischen sich. Die Chlorophyllkörner sind denjenigen in den Epidermiszellen gleich, oval (Taf. III. Fig. 1), durchscheinend und in dem schon oben bei der Betrachtung der Oberhautzellen angeführten Falle mehr oder minder stärkehaltig. Dabei findet ein allmählicher Uebergang von den engen, sehr chlorophyllreichen peripherischen Zellen des Grundgewebes zu den inneren desselben statt, so dass an eine Grenze verschiedener Schichten in Wirklichkeit, wie erwähnt, nicht gedacht werden kann.

Von dem Grundgewebe der Mittelrippe unterscheidet sich dasjenige in den beiden Laminahälften zunächst dadurch, dass seine sämmtlichen Parenchymzellen sehr viel mehr in die Länge senkrecht zur Mittelrippe gestreckt sind, als in dieser (Taf. II. Fig. 2 bei gi) und zwar die inneren noch mehr als die äusseren. Auch tritt im

Grundgewebe der Spreitenhälften der Unterschied von mittleren chlorophyllarmen, dem Schwammgewebe vergleichbaren Zellenschichten und oberen und unteren chlorophyllreichen Zellenschichten deutlicher hervor, als in der Mittelrippe. In der Breite übertreffen die inneren Grundgewebezellen der Spreitenhälften die äusseren viel mehr, als dieses in der Mittelrippe der Fall ist (vergleiche Taf. II. Fig. 3 und Fig. 7). Auch sind die Wände der inneren Zellen im Querschnitte nicht mehr gerade oder einfach nach aussen gekrümmt, wie bei den äusseren, sondern in verschiedener Weise unregelmässig gebogen (Taf. II. Fig. 7 bei ig). Die meisten von ihnen enthalten nicht nur weniger Chlorophyll, als die äusseren Zellen des Grundgewebes und die Epidermis, sondern viele entbehren desselben sogar vollständig. Endlich lassen sie sehr grosse, meist immer im Querschnitte dreieckige Intercellularräume zwischen sich, deren Wandungen ebenfalls öfters nicht gerade, sondern nach aussen zu gekrümmt sind (Taf. II. Fig. 7 bei i). In der Umgebung der die Lamina zahlreich in paralleler Richtung und senkrecht zur Mittelrippe durchziehenden Gefässbündel befinden sich wiederum engere, viel Chlorophyll enthaltende, aber auch sehr langgestreckte Zellen, jedoch findet auch hier hinsichtlich der Weite des Lumens und bezüglich des Chlorophyllgehaltes ein allmählicher Uebergang einerseits von oben und unten, andererseits von den Gefässbündeln nach allen Seiten hin statt.

Gemeinsam ist zwischen dem Grundgewebe der Mittelrippe und dem der übrigen Lamina, dass die mehr oberflächlichen Zellen in beiden Theilen im Querschnitte rundlich sind und die inneren zartere Wandungen besitzen, als die äusseren, ferner, dass, wie die Epidermiszellen der Blattoberseite, so auch die unter ihnen befindlichen des Grundgewebes weiter sind, als auf der Unterseite der Lamina (vergleiche Taf. II. Fig. 3 und Fig. 7), und endlich ist gemeinschaftlich das Vorkommen von wieder engeren und chlorophyllreicheren Zellen in der Umgebung der Gefässbündel.

Die Zellen des Grundgewebes in der Lamina von *Dionaea* sind in derselben Richtung langgestreckt, welche den kürzesten Weg des motorischen Impulses bildet, nachdem das Blatt gereizt ist. Denn wiewohl Darwin[1]) durch verschiedene Versuche gezeigt hat, dass der motorische Impuls von einer der sechs Mittelborsten aus nach allen Richtungen hin radial sich ausbreitet, so wird derselbe doch beim unverletzten Blatte von der betreffenden Mittelborste nach der Mittelrippe und von da in die andere Laminahälfte übergehen. Viel-

[1]) Darwin l. c. p. 313.

leicht bewegt er sich, wie schon Darwin glaubt, um so schneller, je länger und weiter die von ihm zu durchlaufenden Zellen sind, und aus diesem Grunde mögen auch die Zellen des Grundgewebes in den seitlichen Laminahälften verlängerter sein, als in der Mittelrippe, weil in letzterer der motorische Impuls den Weg parallel der Mittellinie des Blattes nie nimmt, sondern quer durch von einer Laminahälfte zur anderen geht. Für diese Ansicht spricht nun auch die grössere Weite der oberen Zellen des Grundgewebes und der Epidermis; denn der motorische Impuls wird von den Mittelborsten, welche ja auf der Oberseite der Lamina stehen, oder von der organischen Substanz, welche ebendahin gebracht werden muss, auch näher der oberen, als der unteren Blattfläche in den Zellen geleitet werden, um das Blatt zur Schliessung zu veranlassen. Endlich sei nur noch darauf hingewiesen, dass auch in den Köpfchenhaaren von *Drosera* die Zellen parallel der Längenaxe gestreckt sind, und diesen Weg allein kann hier der motorische Impuls nehmen, während er bei *Dionaea* auch Umwege machen kann.

Die Gefässbündel. Auch in Hinsicht der Gefässbündel verhält sich die Mittelrippe der Lamina von deren beiden Seitentheilen sehr verschieden. In der Mittelrippe verläuft ihre ganze Länge hindurch und genau die centrale Axe einnehmend ein einziges, sehr dickes Gefässbündel, welches nach der Spitze des Blattes zu sich allmählich verjüngt und schon vor derselben blind im Grundgewebe endet (Taf. I. Fig. 3 bei g). Von demselben gehen unter fast rechten Winkeln zahlreiche, jedoch sehr viel schwächere Gefässbündel ab. Dieselben verlaufen unter einander scheinbar parallel, in Wirklichkeit jedoch von der Mittelrippe nach den Randborsten, wie die geradlinigen Ränder an der Blattbasis und -Spitze divergirend. Sie bleiben ferner bis nahe zum gekrümmten Rande ungetheilt, dort aber spaltet sich ein jedes derselben in zwei einen spitzen Winkel einschliessende Aeste, von denen sich jeder mit einem solchen des benachbarten Gefässbündels vereinigt. Je ein einfaches, auf solche Weise wieder vereinigtes Gefässbündel tritt in jede Randborste ein. Diese Art der Theilung der Gefässbündel und Wiedervereinigung ihrer Gabeläste ruft das Bild einer Zickzacklinie von Gefässbündeln hervor, welche längs des gekrümmten Randes unter den Randborsten in einem Bogen, wie dieser selbst verläuft. Natürlicherweise kommen auch hier wieder Unregelmässigkeiten und Ausnahmen von diesem Schema vor, so gabeln sich die aus der Mittelrippe kommenden Gefässbündel nicht selten schon früher (Taf. I. Fig. 3 bei gf), in der Mitte der Laminahälften etwa, oder auch erst viel später (Taf. I.

Fig. 3 bei gs), als im normalen Verlaufe, z. B. erst am Grunde der Randborsten selbst, oder sie gabeln sich mehrmals übereinander, ohne dass jedoch solche Unregelmässigkeiten den geschilderten Typus undeutlich machen könnten. Manche Gefässbündel erreichen die Randborsten gar nicht (und dies sind meist schwächere), sondern enden blind im Grundgewebe der Laminahälften, bisweilen schon vor der Mitte der Strecke, welche sie eigentlich zurücklegen sollten.

Das axile Gefässbündel der Mittelrippe ist dicker, oder doch mindestens ebenso dick, wie alle anderen beider Laminahälften zusammengenommen (Taf. I. Fig. 3 bei g und g'); nimmt man noch dazu, dass die Art der Verzweigung der Gefässbündel ausserordentlich zweckmässig ist, um auch die entferntesten Punkte des Blattes mit einander in Communication zu bringen, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Gefässbündel zu der Leitung des motorischen Impulses in naher Beziehung stehen. Darwin hat indessen durch verschiedene Versuche, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, gezeigt, dass, entgegen der Ansicht der meisten Pflanzenphysiologen über reizbare Organe, die Gefässbündel für die Leitung des motorischen Impulses in den Blättern von *Dionaea* gar nicht nothwendig sind [1]), und wir werden später sehen, dass in die sechs Mittelborsten, auf deren Reizung erst die Bewegung der Laminahälften erfolgt, überhaupt gar keine Gefässbündel eintreten, sondern dieselben unter ihnen, wie ich öfters auf Querschnitten durch Laminahälften beobachtet habe, ohne von ihrer Richtung abzulenken, vorbeigehen. Auch enthalten nach Cohn [2]) die Blätter von *Aldrovanda* überhaupt keine Gefässbündel und sind dennoch äusserst reizbar.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass die Gefässbündel auch mit den für die Ernährung der Pflanzen durch organische Substanz so äusserst wichtigen Drüsen der Blattoberseite in keinerlei directer Verbindung stehen, wie schon hinreichend aus der obigen anatomischen Beschreibung der Drüsen hervorgeht. Es scheint zuweilen, als ob Drüsen von der Fläche gesehen über einem Gefässbündel der Blattspreite in einer Reihe angeordnet seien, jedoch ist dies immer nur Zufall und man überzeugt sich abgesehen von einem Blattquerschnitte schon bei den übrigen Drüsen desselben Blattes vom Gegentheile.

---

[1]) Darwin l. c. p. 313.

[2]) Cohn. Ueber die Funktion der Blasen von Aldrovanda und Utricularia aus „Beiträge zur Biologie der Pflanzen.“ Band I. Drittes Heft. Breslau 1875.

Die Zusammensetzung der Gefässbündel ist sehr einfach; sie sind sämmtlich geschlossene; das Xylem besteht in denen der Laminahälften aus lauter Spiralgefässen (Taf. II. Fig. 2 bei sp), und selbst das grosse Gefässbündel der Mittelrippe besteht aus keinen anderen Gefässen. Das Phloem besteht aus Weichbast; echter Bast fehlt gänzlich. Der erstere enthält Gitterzellen und Cambiform, bestehend aus engen, immer beträchtlich verlängerten und dünnwandigen Zellen, welche sich an ihren schmalen Enden mit geraden d. h. senkrecht zur Längenrichtung gestellten, seltener mit schiefen Scheidewänden begrenzen (Taf. II. Fig. 2 bei wb). Der Weichbast setzt auch bei dem dicken, axilen Gefässbündel in der Mittelrippe den Phloemtheil ausschliesslich zusammen, so dass also in den Bestandtheilen das Gefässbündel der Mittelrippe sich vor den übrigen nicht auszeichnet und lediglich durch seine grössere Mächtigkeit dieselben übertrifft.

Auswüchse des Blattgewebes. Die Randborsten und die Erhebungen zwischen ihnen. Querschnitte durch die Randborsten zeigen, dass dieselben sich als dreiseitige, schlanke Pyramiden betrachten lassen, deren Seitenkanten abgerundet sind (Taf. I. Fig. 13.) Eine Seitenfläche ist nach auswärts und abwärts gekehrt, die Durchschnittskante der beiden anderen sieht nach der Ober- oder Innenseite der Lamina. Die Randborsten sitzen dem gekrümmten Rande des Blattes mit ihrer breitesten Querschnittsfläche auf und nehmen, wie bereits erwähnt, von der Mitte des Randes, wo die grössten stehen, beiderseits an Länge und Dicke ab. Im anatomischen Bau gleichen sie der Mittelrippe. Die Epidermiszellen sind ebenfalls im Querschnitte rundlich, langgestreckt und besitzen auf allen Seiten Spaltöffnungen und Sternhaare. Die unter ihnen liegenden Zellen des Grundgewebes sind meist ebenso gross und nehmen von aussen nach innen an Weite zu, während sie zugleich in demselben Verhältnisse dünnerwandig werden. Alle lassen zahlreiche und verschieden geformte Intercellularräume zwischen sich ganz so, wie in der Mittelrippe. Die Randborsten werden von einem einzigen, aus wenigen Spiralgefässen zusammengesetzten Gefässbündel durchzogen, in dessen Umgebung die Zellen des Grundgewebes wieder enger werden. Das Gefässbündel läuft nicht genau in der Mitte der Randborsten, sondern mehr nach der Innenseite derselben zu, verjüngt sich nach der Spitze, indem die Zahl der Spiralgefässe immer mehr und mehr abnimmt und endet endlich blind — oft noch weit vor der Spitze — im Grundgewebe. Dass die Randborsten, obwohl von einem Gefässbündel durchzogen, dennoch keine eigene Bewegung bei dem Schliessen des Blattes besitzen, sondern nur diejenige der Laminalappen mitmachen, und

vermöge ihrer alternirenden Stellung in einander greifen müssen, kann als ein weiterer Beweis dafür angesehen werden, dass die Gegenwart der Gefässbündel für die Leitung des motorischen Impulses eben gar nicht nothwendig ist.

Die Erhebungen des Blattgewebes, welche sich zuweilen noch bei alten Blättern zwischen den mittleren Randborsten befinden, unterscheiden sich von den letzteren dadurch, dass sie immer sehr niedrig bleiben, indem die Reihen der Epidermiszellen, welche ihre Aussenfläche nach der Spitze convergirend hinauflaufen, in der Regel nur aus drei oder zwei, ja nicht selten aus einer einzigen langgestreckten Zelle gebildet werden, weshalb ich auch Spaltöffnungen auf ihnen niemals beobachtet habe. Sie unterscheiden sich ferner von den Randborsten dadurch, dass sie nicht nur niedriger, sondern auch sehr viel stumpfer sind, nur ein einziges Sternhaar auf ihrer Spitze besitzen, das aber später abfällt, und endlich durch den Mangel eines Gefässbündels.

Die Mittelborsten. Inmitten der so zahlreichen Drüsen erheben sich auf der Oberseite jeder Laminahälfte gewöhnlich drei haarförmige Gebilde, welche ich im Gegensatze zu den ähnlichen Hervorragungen des Randes als Mittelborsten bezeichnet habe. Sie bestehen im Gegensatze zu den Randborsten aus zwei deutlich geschiedenen und im Bau abweichenden Theilen. Der untere, den ich Basaltheil nennen will, ist kurz, cylindrisch aber am Grunde deutlich verbreitert (Taf. II. Fig. 5 bei b). Er besteht aus denselben Elementen, wie die unter der Epidermis liegenden Schichten des Grundgewebes der Laminahälften selbst, d. h. aus parenchymatischen, wenig und zwar in der Längenrichtung der Mittelborsten verlängerten Zellen. Ein Gefässbündel enthält er nicht und bildet dadurch einen wesentlichen Gegensatz zwischen Mittel- und Randborsten, doch nimmt seine Axe ein Strang engerer, kurzer Zellen mit sehr kleinen Kernen ein, aber nie Gefässe (Taf. II. Fig. 5 bei m). Dieser basale Theil fungirt als Gelenk der Mittelborsten und ist demgemäss oft am Rande einmal oder mehrmals eingebogen und erscheint dann im optischen Längsschnitte wie gekerbt. Wenn die Mittelborsten unter rechten Winkeln zur Blattoberfläche unbeweglich stünden, so könnten sie leicht abgebrochen werden, wenn das Blatt sich schliesst, und dieses würde dadurch seine wichtigsten Organe einbüssen. Das Gelenk gestattet dagegen denselben sich umzulegen, wenn sich das Blatt schliesst, und in dieser Lage sind sie oft von mir beobachtet worden. Selbst wenn ein Theil der Lamina, worauf eine Mittelborste sitzt,

zwischen Hollundermark gebracht wurde, um einen Längsschnitt durch dieselbe zu führen, so brach sie dennoch nie ab, sondern befand sich auf dem Schnitte nur noch in mehr oder minder niedergebeugter Stellung.

Der obere, sehr viel längere und kegelförmige Theil, welcher als die eigentliche Mittelborste bezeichnet werden mag, ist an seinem unteren Ende, wo er mit dem Basaltheile sich verbindet, plötzlich eingeschnürt und besteht aus sehr verlängerten und engen Zellen (Taf. II. Fig. 5 bei o); wo er mit einem centralen, kreisförmigen Theile aufsitzt, enthält er kurze, polygonale, meist sechseckige Zellen.

Die Zellen des kegelförmigen Theiles oder der eigentlichen Mittelborste sollen nach Darwin gewöhnlich mit einer purpurfarbenen Flüssigkeit erfüllt sein, welche, wie diejenige in den Drüsen von *Dionaea* und die der Zellen in den Köpfchenhaaren von *Drosera* Aggregation zeigt, deren Verlauf aber bei den Mittelborsten einen umgekehrten Weg nimmt, als bei *Drosera*, d. h. von der Basis zur Spitze geht; ich selbst habe diese purpurne Flüssigkeit in den Zellen der Mittelborsten von *Dionaea* nie gefunden.

Die Mittelborsten entstehen durch Ausstülpung eines Zellencomplexes aus dem Grundgewebe des Blattes, bedeckt gleichmässig vom Dermatogen und in diesem frühen Zustande von ungefähr halbkugeliger Gestalt, wie Querschnitte durch sehr junge Blätter zeigen, welche eine von den Mittelborsten getroffen haben. Indem sich nun diese Emergenz verlängert, nimmt zugleich ihr oberer Theil an Umfang zu, während der untere darin hinter ihm zurückbleibt, so dass die junge Mittelborste in diesem Zustande eine keulenförmige Gestalt, jedoch mit etwas verjüngter Spitze, besitzt (Taf. II. Fig. 4). Die Zellen des oberen Theiles verlängern sich nun einfach bedeutend in der Richtung der Längsaxe, während derselbe zugleich immer mehr sich zuspitzt und zu dem kegelförmigen oberen Ende der Mittelborste ausbildet. Im unteren Theile dagegen erfahren die einzelnen Zellen keine weiteren bemerkenswerthen Veränderungen, um dasjenige Gebilde zusammenzusetzen, welches ich oben als das Gelenk der Mittelborsten bezeichnet habe. Aus obiger anatomischer Untersuchung ergiebt sich, dass die Mittelborsten und Randborsten morphologisch nicht gleichwerthig sind; die letzteren entsprechen Blattzähnen, während die ersteren den Werth von Emergenzen oder Stacheln besitzen.

Von einer Vergleichung der Anatomie der Blätter von *Dionaea* mit denen von *Aldrovanda* und *Drosera*, welche sehr interessante

Homologien und Verschiedenheiten herausstellt, sehe ich, als nicht im Plane dieser Abhandlung liegend, ab[1]).

Der Blattstiel. In anatomischer Beziehung schliesst sich der Blattstiel an die Mittelrippe der Lamina an. Die Epidermiszellen sind sämmtlich langgestreckt und zwar in allen Theilen des Blattstieles in der Richtung der Wachsthumsaxe, sie sind ferner ebenfalls chlorophyllhaltig und erzeugen sowohl auf der Unter-, als auch auf der Oberseite zahlreiche Sternhaare (Taf. III. Fig. 4 bei st) und Spaltöffnungen. Durch letzteren Umstand wird der breitgeflügelte Blattstiel, wie ich meine, gewissermassen zum Ersatz für die Oberseite der Lamina, welche keine Spaltöffnungen trägt, weil sie bei ihrer Function geschlossen sein muss. In dieser Ansicht bin ich bestärkt worden durch die sehr grosse Anzahl der Spaltöffnungen auf den Flügeln des Blattstieles unten und nicht minder oben. Die Spaltöffnungen sind auf dem Blattstiele sogar sehr viel zahlreicher als die Sternhaare. Bisweilen stehen einzelne der letzteren auf der Spitze ähnlicher Erhebungen des Blattstielgewebes, wie ich zwischen den Randborsten der Lamina beobachtet habe. Beide, Spaltöffnungen wie Sternhaare, stimmen im anatomischen Bau mit denjenigen der Lamina völlig überein, weshalb hier auf diese verwiesen wird. Auch in Betreff des Grundgewebes ist nichts wesentlich Verschiedenes von demjenigen der Mittelrippe der Lamina anzuführen. Dasselbe besteht aus im Querschnitte rundlichen, in derselben Richtung, wie die der Epidermis, verlängerten, parenchymatischen Zellen, welche vom Umfange nach innen zu an Weite, Länge und Dünnwandigkeit zunehmen. Hervorgehoben verdient aber noch zu werden die Anordnung der chlorophyllführenden Zellen; nämlich wie in der Lamina enthalten nicht alle Zellen gleichmässig Chlorophyll; sehr chlorophyllreich sind die äusseren, unter der Epidermis liegenden Zellenschichten des Grundgewebes, ferner diejenigen in der Umgebung der Gefässbündel, welche wieder enger sind, und endlich einzelne, grössere oder kleinere Gruppen von Zellen, die vom Rande nach innen vorspringen, oder ganz von farblosem Grundgewebe umgeben sind, eine bestimmte, gesetzmässige Anordnung übrigens aber nicht erkennen lassen. Im Querschnitte des Blattstieles bei einer schwachen Vergrösserung erscheinen darum nur die Flügel völlig grün, weil hier die chlorophyllführenden Randschichten der Ober- und Unterseite

---

[1]) Vergleiche über Aldrovanda: Cohn, Flora 1850 No. 43 und Jahresber. der Schles. Gesellschaft pro 1850 p. 108—114; Caspary, Botanische Zeitung 1859; über Drosera: Nitschke, De Droserae foliorum irritabilitate, Dissertation 1854, Botanische Zeitung 1860 und 1861.

einander berühren, ohne farbloses Grundgewebe zwischen sich zu lassen; die im Querschnitte ungefähr halbkreisförmige Mittelrippe erscheint dagegen fast farblos, umgeben von einem grünen Rande und einzelne grüne Zellengruppen wie Inseln umschliessend.

Der Gefässbündelverlauf im Blattstiele ist weitaus verschieden von demjenigen in der Lamina. Auch im ersteren unterscheidet man zwar ein axiles, sehr grosses und zahlreiche laterale, sehr viel schwächere Gefässbündel, doch zweigen sich die letzteren unter sehr spitzen Winkeln von dem mittleren ab (Taf. III. Fig. 3) und laufen deshalb mit ihm eine Strecke ungefähr parallel oder in flachen Bogen und vereinigen sich wieder mit den nächst oberen. Sie gabeln sich ihrerseits unter denselben Winkeln und theilen sich dabei in immer schwächere Gefässbündel, bis am Rande des Blattstieles die feinsten derselben blind im Grundgewebe verlaufen. Auch die weiten Maschen des Gefässbündelnetzes werden von schwächeren Gefässbündeln ausgefüllt und eben solche verbinden auch das mittelste Gefässbündel mit dem ihm benachbarten. Ein Blattstielquerschnitt zeigt deshalb zu beiden Seiten des axilen grössten noch mehrere kleinere Gefässbündel in der Mittelrippe und namentlich in den Flügeln, die alle ungefähr in einer geraden Linie liegen und um so mehr an Zahl zunehmen, je weiter oben der Querschnitt genommen wird. Noch muss hervorgehoben werden, dass eine Symmetrie in der Verzweigung der Gefässbündel zu beiden Seiten des axilen keineswegs besteht (Taf. III. Fig. 3), wenn auch der Verlauf in beiden Flügeln derselben Regel folgt.

Die Gefässbündel des Blattstieles enthalten im Xylemtheile zwar nicht ausschliesslich, wie in der Lamina, aber doch vorwiegend Spiralgefässe, daneben aber noch Ring- und Netzgefässe, und der Weichbast, aus Cambiform und Gitterzellen bestehend, ist auf der Unterseite bei Weitem stärker entwickelt, als auf der oberen.

Der sehr kurze, ungeflügelte, oberste Theil des Blattstieles zwischen dem geflügelten und der Laminabasis ist im Querschnitte ungefähr kreisrund, enthält nur das mittlere grösste Gefässbündel (Taf. I. Fig. 3 bei z) und trägt auf allen Seiten Sternhaare und Spaltöffnungen, er schliesst sich also in letzterer Beziehung an den Blattstiel an.

Die bisher geschilderten anatomischen Verhältnisse betrafen nur die oberirdischen Theile des Blattstieles, über die unterirdischen sind aber noch einige Punkte von Bedeutung hervorzuheben:

Oberhalb des die Umgebung von *Dionaea muscipula* bei unseren Kulturen bildenden Torfmooses verschmälert sich der Blattstiel allmählich von seiner Spitze ab nach der Basis, unterhalb der Erd-

oberfläche dagegen verbreitert er sich wieder in einen nicht mehr grünen, sondern weissen oder gelblichen, blattscheidenähnlichen, im Querschnitte concav-convexen oder sichelförmigen Basaltheil. Diese Theile sämmtlicher alten Blätter bilden zusammen eine Art Zwiebel (Taf. I. Fig. 1 bei b) und sind auch, physiologisch genommen, wie wir sogleich sehen werden, einer solchen äquivalent.

In der Anatomie ist zunächst als unterscheidend von den oberirdischen Theilen zu betonen, dass ein Zunehmen in der Weite und überhaupt Grösse der Zellen des Grundgewebes von aussen nach innen nicht stattfindet, alle Zellen desselben sind vielmehr gleich gross (Taf. III. Fig. 5 bei gr) und zwar ebenso gross als die innersten Zellen im Grundgewebe des oberirdischen Theiles des Blattstieles. Deshalb ist auch die einschichtige Epidermis, deren Zellen eng sind (Taf. III. Fig. 5 bei e), wie im chlorophyllhaltigen oberen Theile, und auf der Ober- und Unterseite Sternhaare erzeugen, gegen die unmittelbar unter ihr liegende Zellenschicht scharf abgesetzt, während letztere im oberen Theile ungefähr ebenso grosse Zellen enthielt. Sämmtliche Zellen des Grundgewebes sind nicht mehr rundlich, sondern eckig, von geraden Wandungen begrenzt und schliessen in der Regel ohne Intercellularräume dicht zusammen. Was endlich den Inhalt anbetrifft, so enthalten sie sämmtlich, sowie auch die Epidermiszellen ausschliesslich Stärkekörner und zwar in so ungeheurer Menge, dass nicht der geringste leere Raum übrig bleibt, die Zellwände nicht mehr deutlich unterschieden werden können und die dünnsten Schnitte ganz undurchsichtig sind, wenn nicht die Stärkekörner durch Kali aufgequellt und dadurch zugleich durchsichtig gemacht werden. Die unterirdischen Scheidentheile der Blätter dienen also als Reservestoffbehälter der perennirenden Pflanze. Die Gestalt der Stärkekörner ist abweichend von denen im oberirdischen Blattstiele und in der Lamina. Denn während sie hier oval sind (Taf III. Fig. 1), wie wir sahen, haben sie im Scheidentheile eine mehr oder weniger verlängerte, cylinder- oder stäbchenförmige Gestalt (Taf. III. Fig. 2), ohne indessen andere gebildete auszuschliessen, namentlich enthalten die engeren Zellen in der Umgebung der Gefässbündel in mehreren Schichten kleinere und ovale Stärkekörner. Natürlich findet einerseits in Bezug auf die Form der Zellen des Grundgewebes, andererseits hinsichtlich ihres Inhaltes ein allmählicher Uebergang zwischen den chlorophyllhaltigen im oberirdischen Theile des Blattstieles und den bloss Stärke enthaltenden des unterirdischen Statt.

Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Dionaeablattes. Höchst

interessant ist die Entwickelungsgeschichte des Blattes von *Dionaea*. Nur beim völlig ausgewachsenen Blatte bildet die Mittelrippe der Lamina die geradlinige Verlängerung des Blattstieles; bei jüngeren bildet sie mit demselben einen stumpfen Winkel, vorher einen rechten, ja spitzen, und bei den jüngsten Blättern, welche noch über die Erdoberfläche emporragen und in dem Mittelpunkte der Blätterrosette gesehen werden, liegt die Lamina mit ihrem gezähnten Rande auf der oberen Fläche des Blattstieles auf (Taf. I. Fig. 1 bei 1), oder genauer, da der letztere in diesem Falle noch nicht flach ausgebreitet ist, sondern seine noch schmalen Flügel senkrecht zur Mittelrippe aufgerichtet sind, so liegt die Lamina in dem rinnenförmigen Blattstiele (Taf. III. Fig. 4) ganz so, wie die Klinge eines zusammengeklappten Taschenmessers in der Scheide desselben. Bei noch jüngeren Blättern, welche aber von oben nicht mehr sichtbar sind, sondern tief unter dem Boden im rinnenförmigen Stiele des nächst älteren Blattes verborgen stecken, wächst der Winkel, welchen die Lamina mit dem Blattstiele bildet, wieder bis zum gestreckten; diese Blattanlagen sind farblos und können erst nach dem Ausheben der Pflanze und Entfernen aller älteren Blätter aufgefunden werden.

Die Lamina hat also im jüngsten Zustande dieselbe Lage, wie im erwachsenen und beschreibt im Verlaufe ihrer Entwickelung zuerst einen Winkel von 180° in der Richtung zum Vegetationspunkte, um später merkwürdiger Weise denselben Weg wieder zurück zu machen. Allein ausser der Verschiedenheit der Lage in den auf einander folgenden Altersstufen haben wir noch die viel auffallendere Verschiedenheit in der Gestalt der Lamina zu betrachten.

Den Vegetationspunkt von *Dionaea* zu untersuchen ist darum nicht ohne Schwierigkeit, weil derselbe tief im Centrum in den zwiebelförmigen Basen der in einander geschachtelten jungen Blätter verborgen ist. Bei einem gelungenen Präparate glückte es mir, die jüngsten Blattanlagen bloss zu legen, welche von dem nicht kegelförmig erhobenen, sondern flachen Vegetationspunkte erzeugt waren. Diese Blattanlagen zeigten die Gestalt zusammengedrückter Kegel mit stumpfer Spitze (Taf. III. Fig 7), an denen zwischen Blattstiel und Spreite noch keine Sonderung erkennbar ist, doch entspricht ohne Zweifel der primäre Blattkegel der zukünftigen Lamina, welche demnach zuerst gebildet ist; jedoch bleibt die Lamina bald in ihrem Wachsthume weit gegen den sich an ihrem Grunde ausbildenden Blattstiel zurück und vollendet erst sehr spät ihre vollständige Entwickelung, wenn der Blattstiel schon lange ausgewachsen ist. Die Lamina der jüngsten Blätter besteht ausschliesslich aus der später so genannten

Mittelrippe derselben. Sie stellt in diesem Zustande einen sehr kurzen, stumpfen, länglichen Gewebekörper dar, von im Querschnitte eiförmigem Umrisse, dessen breiteres Ende der definitiven Unterseite angehört (Taf. II. Fig. 8), während an seinem spitzeren Ende sich die beiden Seitentheile als stumpfe Protuberanzen erheben, rinnenförmig einen halbcylinderförmigen, der Länge nach offenen Hohlraum einschliessend. Indem sich dieselben verlängern, krümmen sie sich zugleich mit ihren Rändern einwärts, so dass sie nach innen eingerollt erscheinen (Taf. II. Fig. 9), wie die Spitzen junger Farnblätter und die Blattfiedern von *Cycas*, wenn sie aus der Knospe hervortreten. Die später so auffallend verlängerten Grundgewebezellen der Laminahälften sind in dem oben geschilderten Entwickelungszustande des Blattes noch kurz. Die späteren Randborsten erscheinen als stumpfe Zähne. Die am Rande eingerollten Laminahälften umgeben jetzt eine allseitig geschlossene Höhlung, später strecken dieselben sich wieder gerade und greifen nur noch mit den Randborsten in einander; endlich biegen sich auch diese aus einander und das Blatt ist nun geöffnet und bereit, nach der Reizung sich wieder zu schliessen

Die Entwickelungsgeschichte des Blattstieles ergiebt sich aus dem Vorstehenden zum Theil von selbst. Zu jener Zeit, wo die Lamina einen spitzen Winkel mit ihm bildet, ist er, umgekehrt wie im fertigen Zustande, an seiner Basis ein wenig breiter geflügelt als an der Spitze; wenn die Lamina parallel zum Blattstiele auf diesem aufliegt, so sind die schmalen Flügel seiner ganzen Länge nach ungefähr gleich breit und er hat dann ungefähr dieselbe Gestalt, wie der untere, über dem Boden noch sichtbare Theil eines ausgewachsenen Blattstieles d. h. er ist rinnenförmig mit nach oben gerichteten Flügeln und im Querschnitte sichelförmig (Taf. III. Fig. 4), wobei aber die Mittelrippe auf der Unterseite stark vorspringt. Sowie sich die junge Lamina wieder vom Blattstiele erhebt und der Winkel wächst, den sie mit ihm bildet, nimmt auch derjenige der beiden Blattstielflügel zu, welche sich zugleich verbreitern, bis dieselben in einer Ebene ausgebreitet sind.

Abnormitäten. Die bisher geschilderte Form des Blattes mag als die normale betrachtet werden, doch beobachtete ich noch andere Erscheinungsweisen in Bezug auf Grösse von Blattstiel und Lamina, und Gestalt des ersteren. Mehrere Blattstiele dreier, schwacher Exemplare waren auffallend lang und schmal (Taf. I. Fig. 1 bei 3), die Flügelung nicht in dem gewöhnlichen Masse mit der Höhe wachsend und darum auch der Blattstiel nur undeutlich keilförmig. Die Lamina mehrerer anderer Blätter, deren Entwickelung ich verfolgen konnte, erreichte

ihre endliche Gestalt bei sehr geringen Dimensionen, während der Blattstiel noch sehr kurz, aber desto breiter geflügelt war (Taf. I. Fig. 1 bei 6). Bei denselben Blättern zeigte sich noch eine Ausnahme, deren schon Ellis Erwähnung thut. Der Blattstiel war nämlich an seiner breitesten Stelle am Rande gezähnt und auch hier mehr abgerundet, als gewöhnlich, im Uebrigen aber ganzrandig. Solche Blattstiele waren an der Spitze entweder normal abgestutzt, oder auch ausgerandet, so dass im letzteren Falle der Blattstiel, der zugleich kurz war, eine vollkommen herzförmige Gestalt besass.

Ich hatte auch zu beobachten Gelegenheit, wie sich Blattstiele unabhängig von der Lamina fertig entwickelten. Die letztere blieb auf dem Punkte stehen, wo sie nur noch einen sehr stumpfen Winkel mit dem Blattstiele bildete und ihre Ränder noch eingerollt hatte und starb in diesem Zustande ab.

Von der Einwirkung chemischer Reagentien auf die Zellen des Blattes. Die Zellen des Blattes von *Dionaea* zeigen in mehreren Beziehungen ein ungewöhnliches Verhalten gegen Reagentien, welches auf die Anwesenheit eines eigenthümlichen Stoffes hinweist, dessen Natur jedoch bis jetzt nicht auszumitteln ist. Anscheinend findet sich derselbe in den lebenden Zellen in saurer Lösung und wird daher durch Basen ausgefällt, durch Säuren wieder aufgelöst. Ammoniak färbt die rothen Drüsen auf der oberen Seite der Lamina grünlich und fällt aus den Zellen, welche Stärke enthalten, einen feinkörnigen Stoff aus. Neutralisirt man das Ammoniak durch Essigsäure, so wird dadurch die rothe Farbe der Drüsen wiederhergestellt und die Körnchen in den Zellen werden wieder aufgelöst und verschwinden. Wurde nunmehr Kali zugesetzt, so entfärbte es die Drüsen wieder und quellte die Stärkekörner auf, indem es sie zugleich durchsichtig machte. Schliesslich fällt es die Körnchen mit grüner Farbe wieder aus, die auf Zusatz von Ammoniak in den Zellen sich gebildet hatten. Wird das Kali sorgfältig wieder ausgewaschen und sodann Jod (in Jodkalium) zugesetzt, so werden die Zellen gleichmässig blau oder violett gefärbt. Ich habe deshalb in den meisten Fällen bei *Dionaea* erst Kali angewendet, bevor Jod zu den Präparaten hinzugesetzt wurde, um die verschiedenen Theile dieser Pflanze auf Stärke zu untersuchen, besonders dann, wenn es sich um nur geringe Mengen derselben handelte.

Bei der Prüfung der Zellen von *Dionaea* auf Stärke vermittelst Jod zeigte sich mir die schon oben berührte Erscheinung, dass die Zellen solcher Blätter, welche kleine Thiere gefangen hatten, oder mit Eiweiss gefüttert worden waren,

nachdem sie diese Substanzen einige Tage eingeschlossen gehalten hatten, gar keine oder doch bei Weitem weniger Stärke enthielten, als diejenigen, welche noch keine organische Nahrung zu sich genommen hatten. Von den zur Erledigung dieser Frage von mir angestellten Versuchen will ich nur die folgenden anführen.

Versuch I. Ein Blatt, welches, als ich das betreffende Exemplar erhielt, fest geschlossen war, zeigte bei der gewaltsamen Oeffnung noch Stücke des Hautskeletes eines Insectes eingeschlossen, welches sich aber nicht weiter mehr bestimmen liess. Von diesem Blatte nahm ich einen Querschnitt durch die Mitte des Stieles und behandelte denselben zuerst mit Kali, um etwa vorhandene Stärkekörner aufzuquellen. Als nach Auswaschung des Kali Jod zugesetzt wurde, erwiesen sich als stärkehaltig nur einige wenige Zellen (etwa 5—6), welche in der Umgebung des mittelsten, grössten Gefässbündels lagen.

Versuch II. Von einem vollständig entwickelten Blatte, welches aber seine Lamina noch nicht geöffnet hatte, mithin noch gar keine organische Nahrung zu sich genommen hatte, wurde ebenfalls, wie im ersten Versuche, durch den Blattstiel ein Querschnitt gemacht, und derselbe auf die nämliche Weise, wie im vorhergehenden Falle behandelt. Hier aber färbten sich sämmtliche, überhaupt Inhalt führende Zellen sogleich ganz oder doch zum grössten Theile tief dunkelblau.

Beide Versuche wurden von mir mit anderen, denselben Bedingungen unterworfenen Blättern zu wiederholten Malen angestellt, lieferten aber immer dasselbe Ergebniss.

Versuch III. Querschnitte durch die Spreite selbst des ersterwähnten Blattes, welches ein Thier eingeschlossen hatte, zeigten auch nicht eine Spur von Stärke.

Versuch IV. Dagegen waren sämmtliche Zellen in der Mittelrippe der Lamina des schon zum zweiten Versuche verwendeten Blattes (welches noch keine organische Nahrung zu sich genommen hatte) auf dem Querschnitte sehr reichlich mit Stärke erfüllt.

Es ist schon beim Blattstiele ausführlich angegeben worden, dass in dem scheidenförmig verbreiterten, unter dem Boden befindlichen, weissen Basaltheile der Blätter sämmtliche Zellen ausschliesslich und ausserordentlich reichlich mit Stärke erfüllt sind. Dieses Verhalten ist nun das Nämliche sowohl bei Blättern, welche thierische oder überhaupt organische Nahrung absorbirt haben, als auch bei solchen, wo dieser Fall nicht eingetreten ist.

Weil also mit der Aufnahme von organischer Nahrung der Stärkegehalt schwindet, aber nur in den oberirdischen, chlorophyllhaltigen Zellen, so können wir daraus den Schluss ziehen, dass in denjenigen Blättern, in welchen neben anorganischer auch organische Substanzen aufgenommen werden, die Assimilation, d. h. die Erzeugung von Kohlenhydraten im Chlorophyll und die Absorption organischer Stoffe einander ausschliessen. Dagegen bedarf es keines neuen Beweises mehr, dass die Gegenwart von Blattgrün die Aufnahme organischer Substanz nicht ausschliesst.

Wir gehen nun zur Einwirkung weiterer Reagentien zurück.

Kali färbt die Zellen von *Dionaea* braunroth und die Gefässe citron- oder goldgelb bis gelbbraun, wenn der betreffende Pflanzentheil zuvor längere Zeit in Alkohol gelegen hat. Wird aber hierauf Salzsäure oder besser noch Essigsäure zugesetzt, so wird alles wieder vollständig entfärbt und ganz durchsichtig gemacht. Dieselbe Reaction ist auch bei *Drosera rotundifolia* L. beobachtet worden. — Chromsäure mit sehr viel Wasser verdünnt färbt die Gefässe ebenfalls zuerst rothbraun und macht sie undurchsichtig, binnen 24 Stunden entfärbt sie sie aber wieder und macht alle Theile ausserordentlich durchsichtig. Ich habe deshalb Chromsäure als das wirksamste Mittel erprobt, um Schnitte durch alle Theile von *Dionaea* vollkommen farblos und besonders durchsichtig zu machen, nur muss dieselbe nicht zu concentrirt angewendet werden, wenn man die Maceration vermeiden will.

Ein Blatt, welches *Polydesmus complanatus* eingeschlossen hielt, wie sich bei der gewaltsamen Oeffnung der fest geschlossenen Laminalappen noch deutlich erkennen liess, wurde in absoluten Alkohol gelegt, worauf sich binnen 24 Stunden die ganze Blattspreite tief schwarz färbte, während der Blattstiel auf die gewöhnliche Weise entfärbt wurde. Auf Zusatz von concentrirter Salpetersäure verlor die Lamina ihre schwarze Färbung und nahm dafür eine braunrothe an, blieb auch nicht mehr so undurchsichtig, so dass man das eingeschlossene Thier wieder durchschimmern sehen konnte. Nachdem die Säure ausgewaschen und Kali zugesetzt wurde, färbte sich das Blatt wieder schwarz oder vielmehr blauschwarz, indem diese Färbung von den Randborsten ihren Anfang nahm und rasch nach der Mittelrippe zu sich fortsetzte. In beiden Fällen, sowohl bei der Röthung, als auch bei der Schwärzung, waren es die Zellenmembranen selbst, welche gefärbt wurden.

Die schwarzen Flecken endlich, welche ich immer auf den Blättern von *Dionaea,* bevor sie abstarben, beobachtete, werden gebildet durch sehr zahlreiche schwarze Körner in den Zellen. Was ihr

Verhalten gegen chemische Reagentien anbelangt, so habe ich nur zu bemerken, dass dieselben durch Salpetersäure nach wenigen Minuten sehr schön orangeroth gefärbt werden. Schwefelsäure, Salzsäure und Ammoniak übten auf die schwarzen Flecken keinerlei Einwirkung.

Der Stamm. Zur Untersuchung der Anatomie des Stammes sowie der Wurzeln von *Dionaea* war das geringe mir zu Gebote gestellte Material nicht ganz ausreichend und ich beschränke mich daher auf einige Bemorkungen. Der ganz unterirdische Stamm von *Dionaea* ist sehr kurz und breit, aber mit blossen Augen an der Pflanze kaum wahrzunehmen. Die Blätter sitzen ihm mit breiten Insertionsflächen auf, ohne Internodien zwischen sich zu lassen (Taf. III. Fig. 6). Das Gesetz der Blattstellung habe ich noch nicht ausmitteln können; die jüngsten Blatter sind scheinbar zweireihig angeordnet (Taf. III. Fig. 7) und befinden sich in übergreifender Deckung, indem sie mit ihren Blattstielflügeln einander abwechselnd ganz bedecken. Später zeigen die Blätter offenbar spiralige Blattstellung.

Die Gefässbündel des Stammes sind anscheinend in einen Holzring geordnet, welcher einen engen Markkorper einschliesst; sie enthalten cambiformes Phloem und sehr zahlreiche, kurze, netzförmige oder getüpfelte Gefässe und Gefässzellen — und indem sie sich vielfach verzweigen, bilden sie wunderlich gestaltete Maschen oder Schleifen. Je eines tritt in ein Blatt und in eine Wurzel (Taf III. Fig. 6). Man beobachtet daher auf Querschnitten durch den Scheidentheil der Blatter dicht über ihrer Insertionsfläche nur ein einziges centrales Gefässbündel, wie in der Mittelrippe der Lamina; nach oben wächst aber die Zahl der seitlichen kleineren Gefässbündel, die sich von dem mittleren beiderseits nach den Enden der Flügel abzweigen. Das sehr entwickelte Rindenparenchym des Stammes ist ebenso gleichmässig und einfach, wie das Grundgewebe im Basaltheile der Blätter und besteht aus wenig verlängerten, ohne Intercellularräume zusammenschliessenden Parenchymzellen, welche sämmtlich ebenso reichlich und ausschliesslich mit Stärkekörnern von derselben Form erfüllt sind; eine Epidermis bildet die äussere Umgrenzung.

Die Wurzel. Da zwei Pflanzengattungen, deren Mitglieder sich von kleinen Wasserthieren ernähren, nämlich *Utricularia* und *Aldrovanda*, absolut wurzellos[1]) und die Wurzeln von *Drosera* kurz und

---

[1]) Dr. Ferdinand Cohn. Ueber die Function der Blasen von *Aldrovanda* und *Utricularia* in „Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Herausgegeben von Dr. Ferdinand Cohn. Band I. Drittes Heft. Breslau 1875.“

schwach sind, so erwartete ich das Letztere auch bei *Dionaea* zu finden. Dem ist jedoch nicht so. Die primäre Wurzel habe ich an meinen Exemplaren von *Dionaea* nicht mehr angetroffen, statt ihrer eine Anzahl Nebenwurzeln, welche sehr lang (Taf. I. Fig. 1 bei w) und verhältnissmässig stark sind. Ich beobachtete mehrere, welche bei 2 Centimeter Länge schon 0,5 Millimeter im Durchmesser hatten. Sie entstehen innerhalb des kurzen Stammes auf dem Holzring und durchbrechen die Rinde; ihre Gestalt ist fadenförmig-cylindrisch, doch sind dieselben einige Millimeter über der Wurzelspitze, wenn auch schwach, verdickt. Bezeichnend ist der Umstand, dass diese Nebenwurzeln sich niemals verzweigen. Sie sind begrenzt von einer Epidermis, deren Zellen zu sehr zahlreichen, langen, dünnen, ungetheilten, schlauchartigen, später braun werdenden Wurzelhaaren auswachsen. Das unter der Epidermis befindliche Parenchym der Wurzelrinde besteht aus etwa 5 Zellschichten, welche reich an kleinkörniger Stärke sind. Allmählich vertrocknen die Zellen der Oberhaut und die äussersten Zellreihen der Wurzelrinde, und ihre Membranen werden braun gefärbt, weshalb auch die ganze Wurzel oberhalb der Spitze ringsum dunkelbraun ist. Die Bräunung der Rindenzellen schreitet immer weiter nach innen, also centripetal vorwärts bis zur Gefässbündelscheide. Dieselbe ist einschichtig und enthält verlängerte, rechtwinkelig begrenzte, schmale Zellen (Taf. III. Fig. 8 bei gs), deren radiale Scheidewände auf dem Querschnitte durch die Wurzel recht deutlich die schwarzen Punkte zeigen, welche auch sonst bei einfachen Strangscheiden im Stamme vorkommen und von einer eigenthümlichen Faltung dieser Wandungen herrühren[1]). Der starke axile Gefässbündelcylinder besteht hauptsächlich aus weiten Holzzellen; acht radiale Reihen von grossen Gefässen, deren Wände stärker, treppenförmig verdickt, und oft braun gefärbt sind, bilden auf dem Querschnitt einen achtstrahligen Stern; zwischen ihnen befinden sich kleine Phloembündel. Der Vegetationspunkt an der Wurzelspitze besteht aus kubischem Meristem und ist von der grosszelligen Wurzelhaube bedeckt; er zeigt eine rothe Färbung des Zellinhalts, ähnlich wie die Wurzelspitze von *Drosera*.

Zum Schlusse lasse ich noch eine kurze Zusammenstellung der Ergebnisse meiner Untersuchungen folgen:

1. Jede Laminahälfte ist schwach S förmig gebogen, eine Höhlung für die aufzunehmenden Thiere bildend; der breitgeflügelte Blattstiel ist eben.

---

[1]) Sachs l. c. S. 126.

2. Die Zellen der Epidermis sowie diejenigen des Grundgewebes sind gestreckt und zwar a) im ganzen Blattstiele und in der Mittelrippe der Lamina in der Längenrichtung des Blattes, b) in der übrigen Lamina senkrecht zu dieser Richtung.

3. Die Epidermiszellen enthalten ebenfalls Chlorophyll.

4. Sie erzeugen auf der Ober- und Unterseite des Blattstieles und auf der Unterseite der Lamina zahlreiche Spaltöffnungen und Sternhaare, auf der Oberseite der Lamina nur Drüsen.

5. Die Drüsen stehen in Vertiefungen der Epidermis und sind gebildet von einem zweizelligen Basaltheile, einem zweizelligen, kurzen Stiele und dem zweischichtigen runden, nach oben convexen Drüsenkörper.

6. Die Sternhaare sind analog zusammengesetzt; nur wachsen die Zellen der obersten Schicht in gerade, divergirende Schläuche sternförmig aus.

7. Die Sternhaare entstehen sehr viel früher als die Drüsen; erstere sind schon fertig ausgebildet, während letztere noch nicht einmal angelegt sind.

8. Die Sternhaare sind den Drüsen homolog.

9. Die Lamina trägt am (gekrümmten) Seitenrande zahlreiche (15—20) Blattzähne, auf ihrer Oberseite Stacheln, in der Regel sechs.

10. Die Blattzähne (Randborsten) sind schlank, dreiseitig pyramidal, besitzen ringsum Sternhaare und Spaltöffnungen und enthalten je ein Gefässbündel näher der Blattober- als der Unterseite.

11. Zwischen je zwei Randzähnen sitzt ein Sternhaar, bisweilen auf der Spitze einer stumpfpyramidalen Erhebung, welche aber kein Gefässbündel enthält.

12. Die Stacheln (Mittelborsten) bestehen aus zwei Theilen, der basale fungirt als Gelenk und enthält einen axilen Zellenstrang; der obere, kegelförmige, an der Basis eingeschnürte Theil entbehrt auch dieses Zellenstranges.

13. Die Zellen der Stacheln, wie der Drüsen zeigen Aggregation.

14. Im oberirdischen, grünen Theile des Blattstieles und in der Mittelrippe der Lamina nehmen die Zellen des Grundgewebes von aussen nach innen an Weite des Lumens und Länge zu; die mehr oberflächlichen und die in der Umgebung der Gefässbündel sind grün, die übrigen (innern) farblos.

15. In der Lamina mit Ausnahme ihrer Mittelrippe setzen die inneren Zellen des Grundgewebes ein dem Schwammgewebe ähnliches, aus sehr weiten, farblosen Zellen mit wellig gebogenen Wänden und wenigen, kleinen Intercellularräumen zusammen.

16. Die Epidermiszellen der Laminaoberseite und Grundgewebezellen unter ihnen sind weiter als die der Unterseite.

17. Die Chlorophyllkörner enthalten in dem Falle, dass das Blatt noch keine organische Nahrung zu sich genommen hat, reichlich Stärke.

18. Die Stärke nimmt mit der Aufnahme organischer Stoffe durch die Blätter ab und verschwindet endlich vollständig aus den oberirdischen Theilen.

19. Die Basen der Blattstiele sind in unterirdische, farblose, scheidenartige Theile verbreitert, welche zusammen eine Art Zwiebel bilden.

20. Ihr Grundgewebe enthält lauter gleichmässig weite und gleich lange Zellen, welche vollständig und ausschliesslich mit Stärke erfüllt sind, sowohl vor, als auch nach der Aufnahme und Absorption organischer Substanzen.

21. Die Stärkekörner in den oberirdischen Theilen des Blattstieles und in der Lamina sind oval, im basalen Scheidentheile des Blattstieles dagegen cylinder- oder stäbchenförmig.

22. Die lebenden Zellen der Lamina und des Blattstieles enthalten einen im Zellsafte gelösten, farblosen Stoff, welcher durch Basen in dunkelen Körnchen ausgefällt, durch Säuren aber wieder aufgelöst wird.

23. Die Drüsen enthalten keine Stärke.

24. Die rothe Färbung der Drüsen wird durch starke Basen in grün verändert, durch Säuren wiederhergestellt.

25. Farblose Drüsen wurden nach der Absorption roth gefärbten Eiweisses durch die Blätter geröthet, ebenso die Gefässbündel bis in den Blattstiel hinein roth gefärbt, was die Absorption evident macht.

26. Beim Absterben bilden sich im Blattgewebe schwarze Körner, welche schwarze Flecken auf den Blättern erzeugen.

27. Der Blattstiel enthält in der Mittelrippe ein axiles, sehr mächtiges Gefässbündel, in den Flügeln von ihm sich abzweigend schwächere, die einen bogennervigen Verlauf nehmen, sich aber verzweigen und in immer schwächere Zweige spalten. Symmetrie findet dabei nicht Statt.

28. In der Mittelrippe der Lamina verläuft nur das axile, grosse Gefässbündel; von ihm zweigen sich unter rechten Winkeln parallele Gefässbündel ab, die sich nahe dem Rande zweitheilen und wiedervereinigen.

29. Je ein so entstandenes Gefässbündel tritt in eine Randborste ein.

30. Das Phloem der Gefässbündel besteht aus Weichbast; das Xylem in denen der Lamina ausschliesslich aus Spiralgefässen, im Blattstiele auch aus anderen Gefässen.

31. In den jüngsten Blättern ist Lamina und Blattstiel nicht zu unterscheiden, doch entspricht die zuerst aus dem flachen Vegetationskegel hervortretende Anlage der späteren Lamina, bleibt jedoch längere Zeit sehr gegen den an ihrem Grunde sich entwickelnden Blattstiel zurück. Die Lamina bildet zuerst eine geradlinige Fortsetzung des Stieles, beschreibt dann, sich nach dem Vegetationspunkt bewegend, einen Winkel von 180°, legt sich in den rinnenförmigen Blattstiel und macht dann denselben Weg wieder zurück.

32. Die Lamina ist in der Jugend mit ihren Seitenrändern einwärts gerollt.

33. Später breitet sich der Blattstiel in eine Ebene aus; die Lamina erreicht zuletzt ihre vollkommene Entwickelung.

34. Der Stamm ist kurz und breit, mit Holzring, von den Gefässbündeln quer durchzogen, deren je eines in ein Blatt und in eine Wurzel eintritt.

35. Die Neben-Wurzeln sind lang und stark, niemals verzweigt, die Zellen der Wurzelspitze roth gefärbt, die Rindenzellen werden in centripetaler Richtung braun und sterben bis zur Gefässbündelscheide ab. Die Gefässe entstehen an der Peripherie des axilen Gefässbündels, vermehren sich in centripetaler Richtung und bilden einen achtstrahligen Stern.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Ein vollständiges nicht blühendes Exemplar von *Dionaea muscipula* Ellis mit Blättern verschiedenen Alters. Altersfolge nach den Buchstaben a—e. — e Ein völlig ausgewachsenes Blatt, welches sich über einem Insecte geschlossen hatte und sich bereits wieder an seiner Laminabasis zu öffnen beginnt. f Ein kleines, abnorm ausgebildetes Blatt mit an der Spitze herzförmigem und am oberen Rande gezähnten Battstiele; o Erdoberfläche; B die unterirdischen, farblosen, blattscheidenförmigen Basaltheile der Blätter zusammen eine Zwiebel bildend; A Abgestorbene braune Blattstiele; w Wurzeln, ohne Nebenwurzeln, aber mit zahlreichen Wurzelhaaren. Natürliche Grösse.

Fig. 2. Querschnitt durch die Spreite eines ausgewachsenen Blattes, welches sich über einem Stückchen festen Eiweisses (0,06 gr.) geschlossen hat; m die Mittelrippe; g einziges, axiles Gefässbündel derselben; l die Lamina, die doppelte Biegung zeigend; v Verschluss; rb die Randborsten; k Kreuzungspunkt derselben; hg grössere, hk kleinere Höhlung im geschlossenen Blatte; in ersterer das Eiweiss (e). Wenig vergrössert.

Fig. 3. Eine Hälfte der Blattspreite von der Oberseite gesehen; m Mittelrippe; e ihre stumpfe Endigung an der Spitze; z der (ungeflügelte) Theil der Mittelrippe zwischen Laminabasis und Blattstielspitze; g einziges grosses, axiles Gefässbündel der Mittelrippe; g′ kleinere Gefässbündel der Lamina, welche sich nahe dem gezähnten Rande gabeln und wieder vereinigen; gf frühere, gs spätere Gabelung der Gefässbündel; rb Randzähne (Randborsten), je ein Gefässbündel enthaltend; s Sternhaare zwischen den Randborsten, noch rundlich, da ihre Zellen noch nicht verlängert sind und divergiren; d Drüsen (der Blattoberseite), in der Mitte am gedrängtesten stehend und sich sogar theilweise mit ihren Rändern berührend, ringsum am Rande einen freien Saum lassend; mb die drei Stacheln (Mittelborsten) jeder Laminahälfte in ein Dreieck, dessen Spitze der Mittelrippe (m) zugekehrt ist, angeordnet. Vergrösserung 15.

Fig. 4. Epidermis aus der Mitte der Oberseite einer Laminahälfte, welche abgezogen wurde, nachdem das Blatt ein Stückchen durch Anilinroth gefärbten, festen Eiweisses vollständig absorbirt und sich darauf wieder geöffnet hatte — e Epidermiszellen (gestreckt zur Mittelrippe), chlorophyllhaltig, d zwei Drüsen, die drei concentrischen Zellenreihen von 4, 8 und 16 Zellen zeigend; ds ein Drüsenstiel, dessen Drüsenkörper abgestreift worden. Vergr. 275.

Fig. 5. Eine junge Drüse durch den Querschnitt eines noch jungen Blattes längsdurchschnitten, welche sich durch Ausstülpung einer Epidermiszelle (b) und Abtrennung der Papille (a) durch eine Scheidewand parallel der Epidermis (e) gebildet hat; p Parenchym des Grundgewebes. Vergr. 450.

Fig. 6. Längsschnitt einer älteren Drüse. Die obere Zelle (a in Fig 5) hat sich durch zwei Scheidewände parallel der ersteren (Fig. 5), die oberste der so entstandenen Zellen nochmals getheilt. Man unterscheidet also bereits den Drüsenkörper (k), den Drüsenstiel (st) und die primäre Basalzelle (b) Vergr. 450.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine Drüse eines noch späteren Alters. Vergr. 275.

Fig. 8. Längsschnitt durch eine ausgewachsene Drüse auf dem Querschnitte durch die Mitte einer Laminahälfte, weshalb die auf der Blattoberfläche senkrechte Scheidewand der beiden Basalzellen (b) und des Drüsenstieles (st) nicht zu sehen ist, da sie der Schnittfläche parallel geht. Vergr. 275. Vergleiche Tafel II. Fig. 7 bei dr, wo dieselbe Scheidewand auf dem Blatt**längs**schnitte durch **dieselbe** Stelle getroffen ist. Die übrige Bezeichnung von Fig. 7 und 8 wie in Fig 6.

Fig. 9. Ein Sternhaar von der Fläche gesehen (von der Oberseite eines Blattstieles). st Stiel eines abgefallenen Sternhaares; e Epidermiszellen. Vergr. 138.

Fig. 10. Längsdurchschnitt eines Sternhaares auf dem Querschnitte durch die Mittelrippe der Lamina, deshalb die Scheidewand der beiden Basalzellen (sb) und des kurzen Stieles (sst), welche der Längsrichtung der Epidermiszellen parallel geht und auf der Blattoberfläche senkrecht steht, querdurchschnitten. hz die verlängerten und von einem Punkte ausstrahlenden Zellen des eigentlichen Sternhaares; e Epidermiszellen; p Parenchym des Grundgewebes Vergr 225.

Fig. 11. Querschnitt durch den unteren Theil der Mittelrippe der Lamina mit einer Spaltöffnung.

Fig 12 Querschnitt durch die Mitte der Unterseite einer Laminahälfte, eine der beiden, einem Ringausschnitte gleichenden Schliesszellen (s) einer Spaltöffnung längsdurchschnitten zeigend.

Es bedeutet ausserdem in Fig. 11 und 12: p Porus, a Athemhöhle, e Epidermiszellen, pa Parenchym des Grundgewebes. Vergr. in beiden Fig. (11 und 12) 225.

Fig. 13. Querschnitt durch eine Randborste. Die Seite, wo die beiden Sternhaare (st) stehen, entspricht der Unterseite der Lamina, die gegenüberliegende stumpfe Ecke der Oberseite. gf Gefässbündel, die Randborste näher der Oberseite durchziehend; gr. Grundgewebe; e Epidermis. Vergr 65.

Tafel II.

Fig. 1. Epidermis von der Mitte der Unterseite der Lamina. em Epidermiszellen der Mittelrippe, in der Längsrichtung letzterer gestreckt, ez in Bogen angeordnete Epidermiszellen zu beiden Seiten der Mittelrippe (hier nur diejenigen einer Seite gezeichnet); el Epidermiszellen der übrigen Blattspreite senkrecht zur Mittelrippe gestreckt, α die der Blattspitze, β die der Basis zugekehrte Seite; sp Spaltöffnungen; st ein Sternhaar. Vergr. 138.

Fig. 2. Querschnitt durch eine seitliche Laminahälfte; der über dem Gefässbündel (gf), die alle in gleicher Höhe liegen, befindliche Theil des Blattgewebes, welcher dem unterhalb des Gefässbündels liegenden gleich ist, ist in der Figur weggelassen worden.

Es bedeutet e die chlorophyllhaltige Epidermis, gr peripherische chlorophyllhaltige, enge, gi innere, chlorophyllfreie, weite Grundgewebezellen von aussen nach innen an Weite und Länge zunehmend; sp Spiralgefässe, ausschliesslich den Xylemtheil der Gefässbündel in der Lamina zusammensetzend; wb Weichbast (Cambiform). Vergr. 65.

Fig. 3. Querschnitt durch die Mittelrippe der Lamina; der convexe Theil der Unter-, der concave der Oberseite des Blattes entsprechend. gm einziges Gefässbündel der Mittelrippe; e Epidermis, deren Zellen, wie diejenigen des Grundgewebes (gr), auf der Blattoberseite weiter, als auf der unteren sind; st Sternhaare. Vergr. 65.

Fig. 4. Eine junge Mittelborste. Vergr. 138.

Fig. 5. Eine ausgewachsene Mittelborste. b der als Gelenk fungirende Basaltheil mit einem axilen Zellenstrange (m); o der obere kegelförmige Theil oder die eigentliche Mittelborste. Vergr. 275.

Fig. 6. Die Spitze einer Mittelborste. Vergr. 275.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine seitliche Laminahälfte. Die Epidermiszellen (e) der Oberseite, welche eine Drüse (dr) zeigt, sind weiter, als diejenigen der Unterseite; ag hypodermatische, enge, chlorophyllreiche, ig sehr viel weitere, chlorophyllfreie Zellen des Grundgewebes mit Intercellularräumen (i); gf ein Gefässbündel. Vergr. 138.

Fig. 8. Querschnitt durch die Lamina eines sehr jungen Blattes, welche fast ganz aus der späteren Mittelrippe besteht. Vergr. 30.

Fig. 9. Querschnitt durch eine ältere Blattspreite mit n a c h i n n e n e i n g e r o l l t e n R ä n d e r n. Die Sternhaare (st) der Unterseite sind bereits fertig ausgebildet, während die Drüsen (d) der Oberseite erst durch Ausstülpung der Epidermiszellen angelegt sind. Das axile Gefässbündel der Mittelrippe (gm) ist quer, die sich von ihm abzweigenden (gl) längs durchschnitten; h durch die eingerollten Ränder vollständig geschlossene Höhlung der Oberseite. Vergr. etwa 20.

Tafel III.

Fig. 1. Stärke führende Chlorophyllkörner. Vergr. 138.

Fig. 2. Stäbchenförmige Stärke aus den Zellen des Basaltheiles der Blätter. Vergr. 138.

Fig. 3. Der oberirdische Theil eines Blattstieles von der Oberseite gesehen, den Umriss und den Verlauf der Gefässbündel zeigend. st Sternhaare. Vergr. 10.

Fig. 4. Querschnitt durch einen jungen Blattstiel. Die später in einer Ebene ausgebreiteten Flügel (F) sind aufwärts gebogen und daher der Blattstiel in diesem Alter rinnenförmig und im Querschnitte sichelförmig. st Sternhaare in beträchtlicher Menge den Blattstiel ringsum bedeckend; gm das grosse axile Gefässbündel der Mittelrippe (M); gf die seitlichen schwächeren Gefässbündel, welche jetzt auf dem Querschnitte in einem Halbkreise stehen, später im erwachsenen Blattstiele in einer geraden Linie liegen. Vergr. 30.

Fig. 5. Die Hälfte des Querschnittes durch den Basaltheil eines Blattes. e Epidermis mit Sternhaaren (st) auf der Ober- und Unterseite; gr Grundgewebe mit im Allgemeinen durchweg gleichen Zellen. Die Stärkekörner, welche dieselben in grösster Häufigkeit erfüllen und das Präparat ganz undurchsichtig machen, sind durch Kali aufgequellt; gm mittleres, grösstes, gs seitliche kleinere Gefässbündel. Vergr. 65.

Fig. 6. Längsschnitt durch die unterirdischen Theile. st der sehr kurze und breite Stamm; g Gefässbündel, denselben quer durchsetzend und je eines in ein Blatt und eine Wurzel ausbiegend; b Basaltheile der (abgeschnittenen) Blätter; w Wurzeln. Vergr. 10.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine junge Knospe. Die anscheinend alternirend stehenden jungen Blattanlagen bilden (zusammengedrückte) Kegel mit stumpfer Spitze. Vergr. 65.

Fig. 8. Wurzelquerschnitt, etwa 1 Cm. über der Wurzelspitze. r Rinde; gs Gefässbündelscheide; die radialen Wände ihrer Zellen zeigen deutlich je einen schwarzen Punkt; g Gefässbündel (8), einen achtstrahligen Stern bildend; b Phloembündel mit den Gefässbündeln wechsellagernd; m Mark. Vergr. 138.

Ueber die Entwickelung und die systematische Stellung von Tulostoma Pers.

von

Dr. J. Schroeter.

Die Arten der Gattung *Tulostoma* vollbringen wie bekannt den ersten Theil ihrer Entwickelung als „unterirdische Pilze," und entziehen sich während dieser Zeit der allgemeineren Beachtung; erst wenn sich ihr Stiel streckt und die Peridie mehr oder minder weit über den Boden gehoben wird, fallen sie ins Auge. Zu dieser Zeit ist die Peridie immer schon von einem dichten Capillitium durchzogen, zwischen welchem die Sporen frei daliegen; die Basidien sind vor Beginn der Streckung des Stieles aufgelöst. Diesem Verhalten mag es zuzuschreiben sein, dass die Entwickelung von *Tulostoma,* ins Besondere auch die Bildung der Sporen an den Basidien, bisher noch nicht vollständig beschrieben worden war.

Seit einigen Jahren fand ich bei Rastatt an mehreren Orten sehr häufig die Form der Gattung, welche wohl als die verbreitetste in Europa angesehen werden, der man daher den von Linné gegebenen Artnamen: *Tulostoma pedunculatum* (L.) lassen kann. (*Lycoperdon ped.* Linné 1762, *Tulostoma brumale* Persoon 1797, *T. mammosum* Fries 1821, *Tuslanodea mammosa* Fr.) Von Anfang October an erhoben sich die langgestielten Peridien aus dem Boden und hielten in Menge bis zum März, theilweise sogar bis in den Mai hinein, aus. Ich konnte in den letzten Jahren nie vor Mitte October an den betreffenden Stellen Nachgrabungen anstellen, aber auch dann noch fand ich eine genügende Zahl jüngerer Fruchtzustände, an denen ich die Entwicklung des Pilzes einigermassen vollständig beobachten konnte.

Die Fruchtkörper liegen nicht tief, etwa nur 2 bis 3 Centimeter unter der Erde. Sie entspringen von einem weit zwischen Gras-

wurzeln und alten Moosstengeln hinlaufendem strangförmigen Mycel. Dieses ist schneeweiss, besitzt die Dicke starker Zwirnsfäden und ist vielfach verzweigt. Es besteht aus dicht neben einander lagernden Zellfäden von 3—4 Mikr. Dicke, die mit zahlreichen Querwänden versehen sind; ihre Membran ist, besonders an den aussen liegenden Fäden, von aufgelagerten sehr feinen Körnchen rauh. Stellenweise finden sich an den Mycelsträngen spindelförmige Auftreibungen von verschiedener Dicke; durch allmähliche Zwischenstufen gehen diese Auftreibungen in sclerotiumartige Körper über, die hier und da an dem Mycel aufsitzen. Diese sind innen und aussen schneeweiss, unregelmässig gestaltet, meist flach, bis 6 Mm. breit und 2—3 Mm. dick, an der Oberfläche glänzend, glatt, grubig vertieft, an den Rändern oft gelappt, auf dem Durchschnitt fest. Sie bestehen aus einem dichten Hyphengeflechte, bei welchem man zwei verschiedene Systeme unterscheiden kann. Das eine derselben besteht aus breiten, kurzen Zellen, etwa von 10—13 Mikr. Breite und 20 Mikr. Länge, die in der Mitte oft tonnenförmig aufgetrieben sind; zwischen ihnen ziehen sich in grösseren Zwischenräumen Stränge aus parallelwandigen 5—6 Mikr. dicken Hyphen hin. Die Rinde wird aus dicht verflochtenen dünnen Hyphen gebildet, deren Membran an den freien Aestchen wieder mit feinen Körnchen bedeckt ist.

Die Sclerotien sind offenbar die Grundlage für die Fruchtkörper. Wie dieselben sich herausbilden, konnte ich noch nicht verfolgen. Wie mir schien, sprossen sie aus einem Punkte an der Oberfläche des Sclerotiums aus. Ich habe grössere, flache Sclerotien gefunden, die auf einer Einbuchtung eine kugelförmige Vorragung trugen, welche auf Durchschnitten von dem übrigen Sclerotiumgewebe durch eine feine, fast kreisförmige Grenzlinie abgegrenzt erschienen und aus gleichmässigen, reich mit Protoplasma gefüllten Hyphengliedern bestanden. Dieses schienen mir die Anfänge der Fruchtkörper zu sein. Vorgeschrittenere Zustände derselben sieht man auf einer scheibenförmigen zerfaserten Membran aufsitzen, die vielleicht der Rest des aufgesogenen Sclerotiums ist.

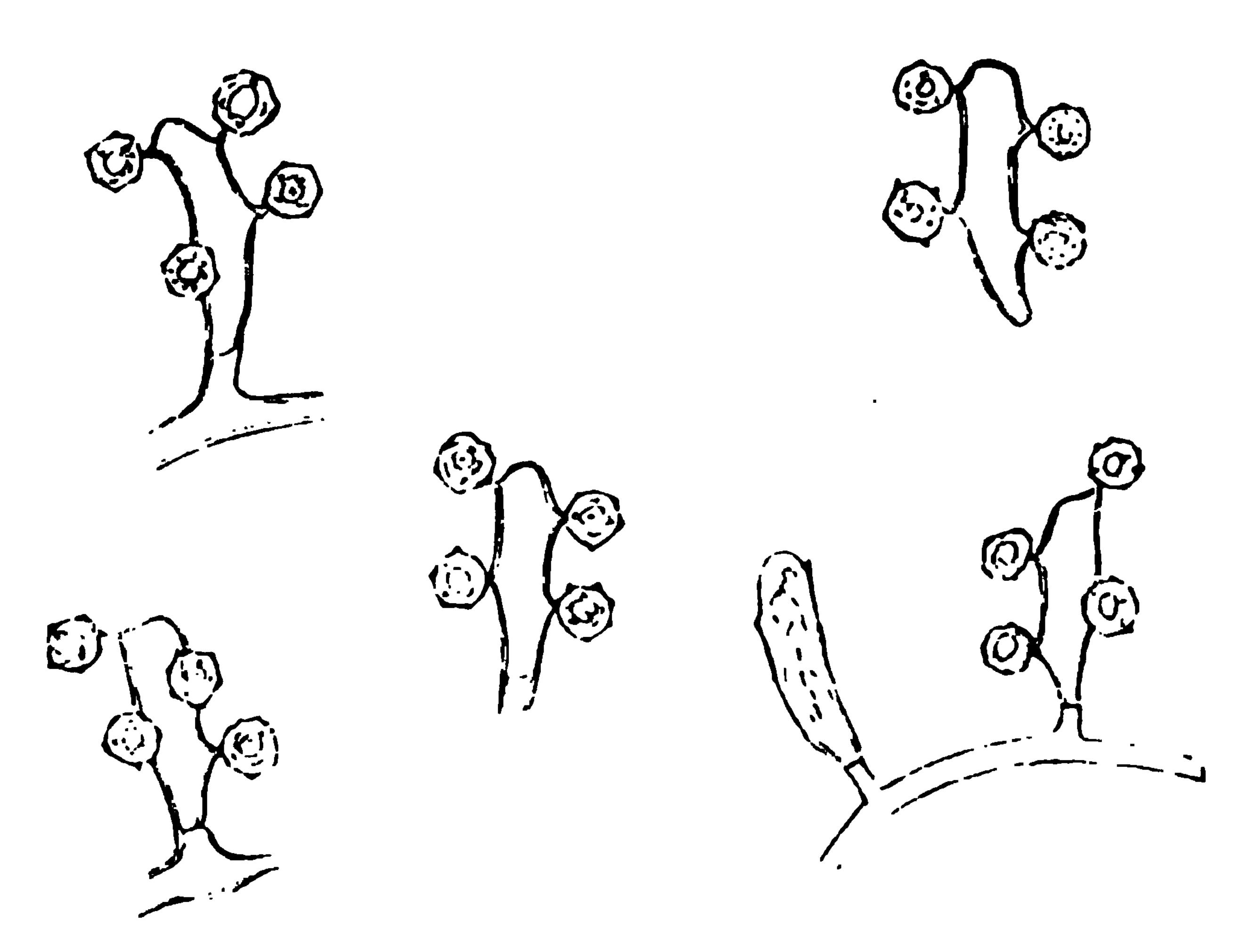
Wenn der Pilz etwa 4 Mm. im Durchmesser erreicht hat, erscheint er ganz kuglich, und gleicht einer kleinen *Bovista*. Das Innere ist schneeweiss, von gleichartigen Hyphen gebildet, die Oberfläche ist braun, von einer dicken Kruste fest anhaftender Sandkörner bedeckt. Bei einem Durchmesser von 6—8 Mm. hat er gewöhnlich einen Hauptabschnitt in seiner Entwickelung vollendet. Er ist dann etwas abgeplattet, in der Mitte oben mit einem kegelförmigen Nabel versehen, nach dem Grunde zu in der Mitte ebenfalls zugespitzt, also

im Ganzen ohngefähr flach-citronenförmig. Man kann an ihm eine braune Hülle und eine weisse Inhalts-Masse unterscheiden. Die Hülle ist etwa 40 Mikr. dick, sie besteht aus einem sehr dichten Gewebe dickwandiger Fäden von etwa 2 Mikr. Durchmesser; nach aussen laufen viele dieser Fäden in freie Enden aus, und haften so fest an einzelnen Sandkörnern und anderen Boden-Theilchen an, dass sie ohne zu zerreissen nicht losgelöst werden können, nach innen setzen sich die Fäden unmittelbar in die Markschicht fort, daher lässt sich auch die Hülle von dieser nicht abziehen. An der noch schneeweissen Inhaltsmasse lassen sich schon zu dieser Zeit drei verschiedene Abtheilungen deutlich erkennen: eine mittlere Markschicht, eine obere und eine untere Abtheilung. Auf dem Durchschnitte erscheint die mittlere Markschicht fast nierenförmig, von der oberen und unteren Schicht durch nach oben convexe zarte Linien abgegrenzt. Die obere Abtheilung ist ungefähr kegelförmig. Sie besteht aus einem lockeren Geflecht von dünnwandigen, reichlich und meist rechtwinklig verzweigten 5 Mik. breiten Fäden. Diese Abtheilung behält immer ihre weisse Farbe, auch über die Sporenreife hinaus. Sie ist die Grundlage für die kegelig-röhrenförmige Mündung des Peridiums, denn zur Zeit der Sporenreife vertrocknet das schwammige Gewebe mit einer kreisförmigen Stelle auf dem Scheitel des Peridiums, und verschliesst noch einige Zeit als weisser Pfropf den Ausführungsgang, der sich durch Zusammenziehen des oberen Theiles der Hülle um dieses geschrumpfte Gewebe gebildet hat.

Die untere Abtheilung ist etwa umgekehrt abgestumpft-kegelförmig. Man unterscheidet an ihr leicht einen mitteren cylindrischen Theil, der von dem Reste mantelförmig umgeben wird. Ersterer erscheint fest, seidenglänzend, senkrecht gestreift; er besteht aus dicht neben einander gelagerten, wenig verzweigten, und im Wesentlichen senkrecht verlaufenden Hyphen. Dies ist die Grundlage des Stieles; derselbe hat jetzt wenig über einen Mm. Länge, seine Zellen haben aber schon dieselbe Grösse und Breite, wie in den späteren fortgeschrittenen Stadien; die Verlängerung des Stieles geschieht durch wirkliches Wachsthum (Neubildung), nach Analogie bei anderen Pilzen zu schliessen, durch Wachsthum an der Spitze des Stieles. — Die Hülle um diese Stielanlage ist ein lockeres Hyphengeflecht, ganz so gebildet, wie die obere Abtheilung. Sie bleibt ebenfalls beständig weiss und vertrocknet nach der Sporenreife, so dass dann zwischen Hülle und Stiel eine kleine Höhlung entsteht. Wenn der Stiel nun wächst, zerreisst die Hülle an dieser Stelle und so bleibt der Theil derselben, welcher die Höhlung umhüllte, zum

Theil am Grunde des Stieles, zum Theil am Grunde der Peridie als ringförmige freie cylindrische Scheide um den Stiel zurück.

Die mittlere Markschicht besteht aus einem gleichmässigen Gewirr von etwa 2 Mikr. dicken, mit vielen Scheidewänden versehenen Fäden, die streckenweise lange ungetheilt durcheinander laufen, und sich anderweitig in unregelmässigen Zwischenräumen rechtwinklig verzweigen. Die Hauptäste sind entweder gabelig oder H förmig verbunden und scheinen ein den ganzen Fruchtkörper gleichförmig durchziehendes Gewirr zu bilden. Verflechtung der Fäden oder Gruppirung zu Kammern oder Gängen ist nicht im kleinsten Massstabe angedeutet. Die Hauptfäden geben kürzere Nebenäste ab, die sich wieder verzweigen und endlich mit kurzen, meist einzeln, selten zu kleinen Büscheln gruppirten Aesten enden. Das Ende dieser kurzen Aeste grenzt sich durch eine Querwand ab und wird zur sporenbildenden Zelle (Basidie). Die fertigen Basidien sind cylindrisch oder schwach keulenformig, am Scheitel abgerundet, meist gerade, zuweilen etwas gekrümmt, selten mehr als 4.5 Mikr. breit, 12 bis 15 Mikr. lang; sie sind mit schaumigem Plasma gefüllt.



Basidien von Tulostoma pedunculatum (L.).

An jeder Basidie bilden sich in der Regel vier 1.5 bis 2 Mikr. lange, grade Spitzchen (Sterigmen), an deren Scheitel die Sporen sprossen. Diese Sterigmen stehen an den Seitenwänden der Basidien und treten grade wagerecht vor; sie entspringen in ungleicher Höhe, meist gleich weit von einander entfernt, das Oberste nahe dem Scheitel, das Unterste etwas über dem Grunde der Basidie; in den Präparaten

erscheinen meist 2 Sporen rechts, 2 links von der Basidie, es scheint mir aber, dass sie spiralig mit $\frac{1}{4}$ des Umfangs Abstand angeordnet sind.

Die Basidien haben nur einen sehr kurzen Bestand. Man findet sie nur in den Fruchtkörpern, die im Innern noch vollkommen weiss sind. Noch ehe der Stiel zu wachsen anfängt, färbt sich die Marksubstanz in der Mitte gelblich, und zu dieser Zeit sind schon sämmtliche Basidien aufgelöst, die Sporen frei geworden. Die Sporen sind jetzt kuglig, haben einen Durchmesser von 4 bis 4.5 Mikr., ihre Membran erscheint noch farblos, mit kleinen entfernt stehenden Spitzchen besetzt, im Innern haben sie einen grossen, stark lichtbrechenden Kern, der durch Jodtinctur braun gefärbt wird. Sie behalten bis zur Reife dieselbe Grösse und verändern sich bis dahin nur insofern, dass der Inhalt mehr gleichförmig, die Membran ochergelb gefärbt, etwas dicker und deutlicher punktirt wird.

Die gelbe Färbung verbreitet sich schnell von der Mitte nach der Peripherie hin, und endlich, noch ehe die Peridie aus dem Boden gehoben wird, hat das ganze Innere die lehmgelbe Farbe angenommen, die schliesslich bleibt. Diese Färbung ist nur durch die Farbe der Sporen bedingt, lässt man diese aus den reifen Peridien verstäuben, so bleibt das Capillitium mit hellgrauer Farbe zurück.

Kurz vor dem Zerfliessen der Basidien treten die ersten Spuren des Capillitiums auf. Seine Fäden gehen vielleicht direct aus den Haupthyphen des Markgewebes hervor. Sie haben dieselbe Verzweigung wie diese und lassen sich anfangs sehr schwer von ihnen unterscheiden. Wenn die Basidien noch vorhanden sind, sind die Zellen, die bestimmt als Capillitium zu erkennen sind, nur wenig dicker, als die Markhyphen, etwa 4 Mikr. Ihre Wände sind etwas dicker, sie verlaufen vorwiegend unverzweigt und etwas wellig gebogen. In grösseren Entfernungen nur zeigen sich Scheidewände und hier sind jetzt schon die Fäden knotig aufgetrieben. Nach dem Zerfliessen der Basidien sieht man das Markgewebe noch fortbestehen, das Capillitium wird aber immer reichlicher, seine Fäden nach und nach immer stärker, endlich bleibt es nur allein mit den Sporen in dem Peridium zurück. Es bildet ein dichtes Netzwerk, welches fest mit den Wänden verwachsen ist. Die Fäden sind von sehr verschiedener Dicke, von 4 bis 13 Mikr. im Durchmesser, die Membran bis 3.5 Mikr. dick, verlaufen grade oder wellig geschlängelt, oft bis 1 Mm. weit ungetheilt, oft aber auch in kurzen Zwischenräumen gabelig oder H förmig verzweigt. Alle Fäden scheinen in Verbindung zu stehen, freie Enden werden nicht bemerkt, besonders auch keine spitz auslaufen-

den Zweige. In ungleichmässigen Zwischenräumen sind die Fäden mit Scheidewänden versehen, hier sind die Glieder an beiden Enden regelmässig in charakteristischer Weise zwiebelförmig verdickt, als ob sie sich an einander abgeflacht hätten. Diese Auftreibungen erreichen bei dünneren Fäden oft das dreifache des Fadendurchmessers.

Nach Ausbildung des Fruchtkörpers wächst der Stiel zu einer Länge von 3 bis 6 Centimeter und hebt jenen hoch über den Boden empor. Er ist Anfangs glatt und rund und nimmt aussen an der Luft sehr schnell eine rothbraune Farbe an. Dies geschieht durch Vertrocknen der äusseren Hyphen. Durch weiteres Eintrocknen wird die Rinde dicker, reisst dann fetzenartig ein, löst sich theilweise los und bekleidet den Stiel noch eine Zeit lang als mehr oder weniger sparrig abstehende Schuppen, später fällt sie ganz ab und der Stiel erscheint grau und senkrecht gefurcht. Die Schuppen entsprechen also keiner besonderen Membran- oder Haarbildung, in ihnen, wie überhaupt in der braunen Rinde, ist die Structur der Stielhyphen noch deutlich zu erkennen. Das Innere des Stieles bleibt immer schneeweiss, in der Mitte bildet sich meist eine Höhlung.

Die Peridien schwankten bei völliger Reife in der Grösse sehr erheblich von 6 bis zu 12 Mm. im Durchmesser. Es schien mir, als ob die zuerst gebildeten Pilze die grössten, die letzten und am längsten ausdauernden die kleinsten Peridien haben. Ihre Farbe ist anfangs ebenfalls braun, im Laufe des Winters löst sich die äussere Schicht der Hülle mit den anhaftenden Sandkörnern ebenfalls schuppenförmig ab, und dann erscheint die Peridie weisslich, mit brauner, nunmehr weiter hervortretender Mündung. Die trichterförmige Mündung mit kreisförmiger, scharfer, wie mit einem Locheisen ausgeschlagener Oeffnung ist für die Art höchst charakteristisch und beruht, wie ausgeführt wurde, auf einer besonderen, früh angelegten Organisation. Hierdurch unterscheidet sich *Tul. pedunculatum* sehr sicher von *T. fimbriatum* Fr., mit dem der Pilz manchmal, z. B. in Erbar. critog. Ital. und Rabenhorst fung. eur. 1911 verwechselt worden ist.

Unter vielen hundert Exemplaren von *T. ped.* fand ich nur an einem die Mündung nicht regelmässig ausgebildet. Dieses, also jedenfalls eine seltene Abnormität, hatte gar keine Mündung, sondern nur einen braunen Fleck auf dem Scheitel der Peridie, die fest geschlossen blieb. Andererseits sah ich bei zahlreichen Exemplaren von *Tul. fimbr.*, die ich bei Spandau sammelte, immer die flache, gefranste und gleichfarbige Oeffnung auf dem Scheitel der Peridie,

nie einen Uebergang zur trichterförmigen Mündung, überdies waren hier die Sporen beständig etwas grösser, nämlich 5.5 bis 6 Mikr. im Durchmesser. Der Beschreibung Persoon's nach möchte man annehmen, dass er unter *Tulostoma brumale* die letztere Art versteht. Die Trennung einer weiteren Art: *Tul. squamosum Gmel.* (Persoon l. c. S. 140), welche manche Autoren annehmen, scheint mir nur auf einem Vergleiche verschiedener Alterszustände und habituelle, unwesentliche Merkmale gegründet zu sein.

Als die bemerkenswertheste Eigenthümlichkeit in der Entwicklung des Pilzes erscheint mir die Art und Weise, wie sich die Sporen an den Basidien bilden. Bisher wurde *Tulostoma* unbedenklich zu den *Gasteromyceten* und speciell zu den *Lycoperdaceen* gestellt. Die Basidienbildung ist bei allen Gattungen der letzteren Gruppe bekannt, keine aber gleicht der von *Tulostoma.* Bei allen bilden sich vier Sporen in gleicher Höhe, am Scheitel der keulenförmigen, oben fast kugligen Basidien. Bei *Scleroderma* sind die Sporen fast ganz sitzend, bei *Bovista* stehen sie an langen, dünnen, gleichlangen Sterigmen, die bei der Sporenreife vertrocknen und an den Sporen hängen bleiben, bei *Lycoperdon* sind die Sterigmen ebenfalls sehr lang, doch (wenigstens bei den von mir untersuchten Arten) von ungleicher Länge und mit den Basidien zerfliessend, die Sporen also im Gegensatz zu *Bovista* ungestielt.

Der eigenthümlichen Fruchtbildung nach muss *Tulostoma* daher von den *Lycoperdaceen* ausgeschlossen werden. Aber auch bei anderen Abtheilungen der *Gasteromyceten* kommt eine solche Bildung, so viel man untersucht hat, nicht vor, sie ist sogar bei anderen *Hymenomyceten,* sowie augenblicklich die Klasse begrenzt wird, nicht beobachtet worden.

Vielleicht steht indess die Sporenbildung von *Tulostoma* nicht ganz isolirt da. Tulasne hat vor Kurzem die Sporenbildung von *Pilacre* untersucht und neuerdings (Annales des Sciences nat. V. Ser. Bot. T. XV.) abgebildet. Diese Abbildung scheint mir einen ähnlichen Typus darzustellen, wie ich ihn soeben bei *Tulostoma* beschrieben habe. Tulasne giebt ihr eine andere Deutung, er vergleicht sie mit der Sporenbildung bei *Hypochnus purpureus,* einem Pilz, der in dieser Beziehung den *Auricularineen* nahe steht.

Ich habe *Hypochnus purpureus* Tul., der in Wäldern um Rastatt im Januar auf Erlenstümpfen vorkommt, frisch untersuchen und längere Zeit hindurch cultiviren können, und kann die Tulasne'sche Beobachtung über ihn nur bestätigen. Das Mycel desselben bildet einen rothbraunen, wergartigen Filz, an den Enden der Fäden bilden

sich farblose Aeste, die sich an der Spitze spiralig einrollen und sich dann durch Querwände in vier übereinander stehende Fächer theilen. Aus jedem Fache sprosst ein langer, pfriemlicher Zweig, der an seiner Spitze eine etwa 11 Mikr. lange, anfangs ei-, darauf fast nierenförmige Spore bildet, die bald nach ihrer Reife keimt, wenn sie auf feuchte Unterlage gebracht wird. Wären die Endäste zu einem Hymenium vereinigt, so müsste man den Pilz in der That für eine *Auricularia* erklären, sprossten dieselben Endäste aus einer Dauerzelle aus, so fände man dieselbe Bildung, wie bei der sogenannten Promycel- und Sporidienbildung der *Uredineen*.

Die Sporenbildung bei *Tulostoma* hat hiermit gar keine Aehnlichkeit. Hier sind ächte ungetheilte Basidien vorhanden, aus deren Inhalt sich die vier Sporen, wie es scheint, gleichzeitig bilden.

Es wird wohl das Einfachste sein, *Tulostoma* als Repräsentanten einer besonderen Abtheilung der *Gasteromyceten* anzusehen. Ob sich unter den noch nicht auf ihre Sporenbildung untersuchten ausserdeutschen Bauchpilzen noch verwandte Gattungen finden, muss dahingestellt bleiben, namentlich wäre es interessant, *Battarraea* darauf untersuchen zu können, deren Entwicklung in manchen Punkten der von *Tulostoma* ähnlich ist. Die Darstellung Tulasne's von der Sporenbildung bei *Pilacre* scheint mir viel mehr der von *Tulostoma*, als der von *Hypochnus purpureus* ähnlich zu sein. Ich halte es darum für wahrscheinlich, dass dieser kleine Pilz, der schon in den verschiedensten Familien herumgewandert ist, den Vertreter einer zweiten Gattung in der Familie der *Tulostomaceen* darstellt.

Rastatt, im Januar 1876.

Beitrag zur Kenntniss der Chytridiaceen.

Von

Dr. Leon Nowakowski

aus Warschau.

Mit Tafel IV. V. VI.

Wie bekannt bestehen die *Chytridiaceen* bald nur aus einer Zelle (*Chytridium*), bald aus zwei Zellen, von denen die eine sich wurzelförmig oder myceliumartig verästelt (*Rhizidium*), bald endlich bestehen sie aus Zellengruppen (*Synchytrium*). Bei einigen Arten der einzelligen Gattung *Chytridium* entwickelt die Zelle, welche ich während ihrer Schwärmsporenbildung Zoosporangium nennen werde, einen Wurzelschlauch (*Chytr. Olla.* Al. Br.) oder kurze fadenförmige Fortsätze, welche vom Zoosporangium ausgehen und gewissermassen als Anfang eines Mycelium betrachtet werden können (*Chytr. rhizinum* u. *Chytr. Lagenaria* Schk.)[1]). In der zweizelligen Gattung *Rhizidium* dagegen kann die verzweigte Zelle als die Repräsentantin eines Mycelium angesehen werden, welches eine ziemlich hohe Entwickelung zeigt. Endlich scheinen zu den ihrem Bau nach am meisten entwickelten *Chytridiaceen* auch die von Sorokin gefundenen Gattungen *Zygochytrium* und *Tetrachytrium*[2]) zu gehören, bei welchen die Zoosporangien auf einem verästelten Tragfaden sich bilden. —

Bei den von mir im Jahre 1875 im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau, unter gütiger Anleitung und Unterstützung seines Directors, Prof. Ferdinand Cohn ausgeführten Untersuchungen fand ich ausser einigen *Chytridium*-Arten, welche sich nur durch gewisse specifische Eigenthümlichkeiten auszeichnen, auch andere, die

[1]) Vergl. Cienkowski, Bot. Ztg. 1857 No. 14; Schenk, Algologische Mittheilungen, Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg, Bd. VIII. Lfg. II. p. 235 1857, Tab. V.: Ueber das Vorkommen contraktiler Zellen im Pflanzenreiche. Würzburg 1858.

[2]) Sorokin, Einige neue Wasserpilze. Bot. Ztg. 1874. No. 14.

ihrem Bau nach wesentlich von den bis jetzt bekannten *Chytridiaceen* unterschieden sind, und weiter unten von mir genauer beschrieben werden sollen. So kommen bei *Chytridium Mastigotrichis* n. sp. fadenförmige Haustorien vor, welche aus der Oberfläche des Zoosporangiums in die benachbarten Nährpflanzen hineinwachsen. In der Gattung *Cladochytrium* fand ich ein verästeltes im Gewebe der Nährpflanze wucherndes Mycelium, in welchem sich wie bei *Protomyces* spindelförmige oder kuglige Anschwellungen bilden, aus denen dann zahlreiche Zoosporangien entstehen. In der Gattung *Obelidium*, die auf einer im Wasser faulenden Mückenhaut gefunden wurde, beginnt ausser dem üppig sich ausbreitenden Mycelium auch ein Zoosporangiumträger deutlicher hervorzutreten. Endlich hatte ich Gelegenheit, die Entwickelungsgeschichte der bis jetzt nur unvollkommen bekannten Gattung *Rhizidium* genauer zu verfolgen.

Bekanntlich entstehen die Schwärmsporen der *Chytridiaceen* in ihren Zoosporangien durch freie Zellbildung um stark lichtbrechende Kerne, welche sich vorher aus dem Protoplasma ausgeschieden haben. In vielen von mir beobachteten Arten wird nicht das ganze Protoplasma für die Bildung der Zoosporen verwendet, sondern ein Theil desselben bleibt als eine schleimige Flüssigkeit übrig, welche die Räume zwischen den Schwärmsporen erfüllt, ähnlich wie bei der Sporenbildung der *Achlyen* und der *Mucorineen*[1]); bei anderen Arten aber ist dieser Schleim in geringer Menge vorhanden, vielleicht auch dünnflüssiger, und deshalb schwer mit Bestimmtheit zu unterscheiden. Diese „Zwischensubstanz," wie sie Brefeld nennt, verbindet in der Regel die heraustretenden Schwärmsporen zu einer kugligen Masse, die vor der Oeffnung des Zoosporangiums liegen bleibt. Allmählich, bei verschiedenen Arten nach kürzerer oder längerer Zeit, löst sich der Schleim unter Quellungserscheinungen im Wasser auf; erst wenn in Folge dessen die Schwärmsporen, welche bis dahin keine Bewegung zeigten, mit dem Wasser in unmittelbare Berührung kommen, fangen sie an, sich activ zu bewegen und auszuschwärmen.

Die Zoosporen der *Chytridiaceen* zeigen gewöhnlich amoebenartige Veränderungen ihres Körpers, wie dies zuerst Schenk nach-

---

[1]) Vergl. A. de Bary, Einige neue *Saprolegnieen* in Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Bot., II Band, p. 174. Dr. O. Brefeld, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, I. Heft. Leipzig 1872 p. 16. Van Tieghem, Nouvelles Recherches sur les Mucorinées. Annales d. sc. natur. Sixième série. Tome I. Paris 1875 p. 33.

gewiesen [1]) und später auch andere Forscher beobachtet haben; sie besitzen mit wenigen Ausnahmen [2]) einen stark lichtbrechenden Kern und eine Cilie, welche beim Schwimmen nicht immer nach vorn, sondern in einigen Arten vielmehr nach hinten gerichtet ist. Bei der Keimung wird der Kern allmählich resorbirt; die gekeimte Zoospore wächst entweder ohne weiteres zum Zoosporangium aus, oder treibt vorher an einem oder mehreren Punkten ihrer Peripherie Keimfäden, die sich mehr oder minder verzweigen. Eine Copulation der Zoosporen habe ich nie gesehen. Dauersporen sind bis jetzt nur bei einigen *Chytridien* [3]), bei *Rhizidium* (l. c.), wahrscheinlich auch bei *Cladochytrium*, sowie bei den von Sorokin (l. c.) und Cornu [4]) beschriebenen *Chytridiaceen* gefunden; die Art ihrer Entstehung bedarf jedoch noch weiterer Aufklärung; die bis jetzt unbekannte Keimung derselben ist von mir bei *Rhizidium* beobachtet worden.

Al. Braun hat die im Jahre 1856 von ihm gekannten *Chytridien* in mehrere Untergattungen getheilt, welche Rabenhorst [5]) als selbständige Gattungen aufführt. Zwischen diesen Gruppen, die hauptsächlich auf die Anwesenheit eines Halses oder Deckels begründet sind, zeigen sich jedoch viele Uebergänge; ich werde deshalb in meiner Beschreibung, welche keine systematischen Zwecke verfolgt, von ihnen absehen und die neuen Arten so ordnen, dass ich zuerst die endophytischen, dann die epiphytischen einzelligen *Chytridien*, zuletzt die zweizelligen und mycelbildenden Formen betrachten werde. Die letzteren zeigen nicht nur innige Verwandtschaft zu den *Saprolegniaceen*, die ja auch schon früher bemerkt wurde, sondern lassen zum Theil auch sehr auffallende Beziehungen zu gewissen *Protomycesarten* erkennen.

I. Chytridium A. Br.

1. *Chytridium destruens*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 1. Die Zoosporangien dieser Art fand ich einzeln im Innern der Zellen von *Chaetonema* [6]), bald zerstreut im Faden, bald in mehr oder weniger

---

1) Schenk, Ueber das Vorkommen contractiler Zellen etc.

2) *Chytridium macrosporum* n. sp., *roseum* und einige in Saprolegnieen lebende Arten besitzen keine Kerne. (Cornu, Monographie des Saprolégniées. Paris 1872 p. 115.)

3) *Chytridium anatropum* nach A. Braun, *Ch. decipiens*, *acuminatum*, *endogenum* und *vagans* nach Cornu.

4) Max Cornu, Monographie des Saprolégniées. Paris 1872 p. 121.

5) Flora Europaea Algarum Sect. III. p. 277–285.

6) *Chaetonema irregulare* nov. gen. et spec. ist eine grüne Zoosporee, welche ich stets zwischen den Fäden anderer schleimiger Algen wuchernd,

zahlreichen Zellreihen. Wie bei vielen *Chytridiaceen*, so macht sich auch die Anwesenheit des *Chytridium destruens* in der vom Parasiten ergriffenen Zelle durch eine kugelartige Anschwellung derselben bemerklich. In dem grünen Zellinhalte erscheint das *Chytridium* zuerst als ein feinkörniger ungefärbter Protoplasmakörper. Dieser

---

insbesondere im Schleime von *Tetraspora*, *Chaetophora*, *Gloiotrichia*, *Coleochaete pulvinata*, *Batrachospermum* u. s. w. gefunden habe. Sie bildet unregelmässig verzweigte, aus Zellreihen bestehende Fäden, deren Aeste nach verschiedenen Richtungen, oft unter rechtem Winkel, ausgespreizt sind. Wenn nicht aus allen, so doch aus den meisten ihrer Zellen entspringen dünne, an der Basis etwas angeschwollene Borsten, welche sämmtlich nach einer Seite gerichtet sind, einzeln oder zu zweien, bald in der Mitte, bald näher dem Ende der Zelle, bald endlich terminal in den die Spitzen der *Chaetonema*-Zweige bildenden Zellen. Da die *Chaetonema*-Zellen während ihres ganzen Lebens die Fähigkeit besitzen, die Borsten zu entwickeln, so findet man gewöhnlich auf den älteren Zellen mehrere, etwa 3—4 abgebrochene Borstenbasaltheile. Die *Chaetonema*fäden theilen sich oft in einzelne Stücke und hierdurch zerfällt ein Individuum leicht in mehrere getrennte Pflanzen. Am deutlichsten kann man *Chaetonema* mit getrennten, aber noch offenbar zusammengehörenden Aesten im *Tetraspora*-Schleime beobachten, wo die älteren Fäden noch in der Verlängerung ihrer jüngeren peripherischen Zweige liegen, von denen sie sich aber schon in gewissen Abständen befinden.

Chaetonema vermehrt sich ausser der oben erwähnten Trennung in einzelne Fadentheile auch durch Schwärmsporen. Die letzteren bilden sich in angeschwollenen mehr oder weniger zahlreichen Zellen am Ende, oder in der Mitte der Zweige, in der Regel in acropetaler Folge. Jede Zoospore entsteht entweder aus dem ganzen Inhalte einer *Chaetonema*zelle, oder dieselbe theilt sich vorher quer oder parallel der Fadenaxe in zwei, oder durch kreuzförmige Theilung in vier oder selbst mehr Sporenmutterzellen. Die Zoosporen schlüpfen aus in Folge der Auflösung der Mutterzellwände, sie sind eiförmig und tragen auf dem schmäleren farblosen Ende 4 Cilien und einen rothen Augenfleck. Nach dem Schwärmen ziehen sie sich zusammen und treiben einen Keimschlauch hervor, an welchem noch längere Zeit der Augenfleck sichtbar bleibt. Der Keimschlauch legt sich an irgend einen Zweig der Schleimalge und wächst längs desselben in einen verzweigten Zellfaden aus, indem er manchmal die Fäden der Schleimalge umwindet oder umspinnt. Die Zellentheilung geht in den *Chaetonema*fäden intercalar und terminal vor sich. Für jetzt ist die systematische Stellung von *Chaetonema* unsicher, da weder geschlechtliche Fortpflanzung noch Dauersporen beobachtet wurden; vermuthlich ist es aber mit *Stigeoclonium* nächst verwandt.

Aus dem Vorkommen unserer Pflanze kann man schliessen, dass sie ihre Nahrung nicht sowohl aus dem Wasser nimmt, sondern vielmehr aus dem Schleime der von ihr bewohnten Algen oder aus ihren verschleimten Wandoberflächen. Das *Chaetonema* zeigt sich in dieser Beziehung ähnlich den anderen schleimbewohnenden Algen, welche nicht blos auf Kosten der unorganischen, sondern auch organischer Verbindungen leben müssen.

beginnt immer mehr zu überwiegen in demselben Maasse, als das Protoplasma der *Chaetonema*-Zelle selbst verschwindet. Nach einigen Tagen füllt der Parasit den ganzen Raum der ergriffenen Zelle vollkommen aus, in welchem man nur noch ein Ueberbleibsel ihres ursprünglichen Inhalts in Form eines kleinen grünen Klümpchens erblickt, welches auch schliesslich vollständig verschwindet. Während der Dauer der eben erwähnten Veränderung oder, wie man es auch nennen könnte, Verdauung des Inhalts der *Chaetonema*-Zelle, treten im Protoplasma des *Chytridium* von ihm nicht verdaute Theilchen hervor, die in Form von ziegelbräunlichen Kügelchen sich zuletzt in ein einziges Klümpchen innerhalb seines farblosen Protoplasma vereinigen. Nunmehr bildet sich die *Chytridium*zelle zum Zoosporangium um. Von der Zeit, in welcher das Ueberbleibsel der *Chaetonema*-Zelle in Form eines kleinen grünen Kügelchens zuletzt sichtbar war, verflossen in einem von mir beobachteten Zoosporangium bis zum Ausschwärmen der Schwärmsporen 24 Stunden. In dieser Zeit bildeten sich um das ziegelbräunliche Klümpchen herum zuerst zwei deutliche Vacuolen; diese flossen bald in eine einzige grössere Vacuole zusammen, welche das braune Klümpchen rings umschloss (Taf. IV. Fig. 1a). Nach kurzer Zeit verschwand dieselbe; das Protoplasma des Zooporangiums, welches jetzt etwa 15 Mikr. im Durchmesser erreicht hatte, wurde allmählich grobkörniger und eine dasselbe umgebende derbere Zellwand wurde nun deutlich. Bald darauf traten durch eine kleine Oeffnung des Zoosporangiums, die ich jedoch nicht sehen konnte, die Schwärmsporen heraus, ruhten kurze Zeit vor der Oeffnung und schwammen dann mit grosser Schnelligkeit nach allen Richtungen auseinander. (Fig. 1 b.)

Die Schwärmsporen des *Chytr. destruens* sind sehr klein, kaum 2 Mikr. im Durchmesser; sie besitzen eine etwas längliche Gestalt, eine Geissel und einen stark lichtbrechenden excentrischen Kern. In den leeren Zoosporangien bleibt das ziegelbraune Klümpchen übrig (Fig. 1 b.). Die dicken Wände der Zoosporangien nahmen eine gewisse Zeit nach der Entleerung eine rostgelbe Farbe an (Fig. 1 c).

Aehnliche *Chytridien*, wie unser *Ch. destruens*, kommen auch im Innern anderer Algenzellen vor, doch können erst genauere Untersuchungen feststellen, ob sie zur nämlichen Art gehören.

2. *Chytridium gregarium*, nov. spec., Taf. IV. Fig. 2. Die kugeligen, seltener etwas ovalen Zoosporangien dieser Art, die mit kurzer schnabelartiger Papille versehen sind, habe ich in ziemlicher Anzahl in den Eiern eines Rotatorium gefunden (Taf. IV. Fig. 2), welches im Schleim der *Chaetophora endiviaefolia* lebte. Die *Chy-*

tridien verdauen den röthlichen Inhalt des Eies und nehmen die Färbung desselben in ihrem Protoplasma an. Die Zahl und Grösse der mit dünner Wand umgrenzten Zoosporangien im Innern eines Eies ist verschieden. Bald kommen nur wenige, bald mehr als zehn vor; ihre Grösse beträgt 30 Mikr. bis 70 Mikr. Die reifen Zoosporangien wachsen in kurze, stumpfkonische Papillen aus, welche die Haut des Eies nach aussen durchbohren und mit homogenem ungefärbtem Plasma erfüllt sind. Wenn sich zahlreichere Zoosporangien in einem Ei entwickeln, so werden durch den von ihnen ausgeübten Druck die Wände des letzteren beträchtlich ausgedehnt, so dass der ursprüngliche ovale Umriss desselben abgerundete Hervorragungen zeigt. Der Inhalt der Zoosporangien ist anfänglich feinkörnig; in der Zeit ihrer Reife aber ist das Protoplasma von kleinen stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt. Nicht lange nachher treten durch eine an der Spitze der schnabelähnlichen Verlängerung entstandene Oeffnung die Schwärmsporen, von Schleim umgeben, heraus; sie bilden daher vor der Oeffnung des Zoosporangiums eine kugelige Masse (Taf. IV. Fig. 2a). Nach kurzer Zeit zerfliesst der Schleim im Wasser und die Schwärmsporen schwimmen rasch von der Oeffnung aus nach allen Seiten davon; sie haben eine kugelartige Gestalt, eine lange Cilie, einen nicht grossen excentrischen stark lichtbrechenden Kern und 4 Mikr. im Durchmesser (Fig. 2b).

Da wir in den vom *Chytr. gregarium* ergriffenen Rotiferen-Eiern die Zoosporangien des Parasiten auf verschiedenen Entwickelungsstufen finden, so können wir daraus schliessen, dass die Schwärmsporen des Parasiten in das Ei zu verschiedenen Zeitpunkten eingedrungen sind.



ellen beobachtete. Diese Art steht unserem *Chytr. gregarium* offenbar ehr nahe, scheint aber doch wegen ihrer elliptischen Zellen und verlängerten Hälse als verschiedene Species betrachtet werden zu müssen. Zu vergleichen ist auch *Chytr. zootocum* A. Braun[1]), welches Claparède in einer todten Anguillula fand.

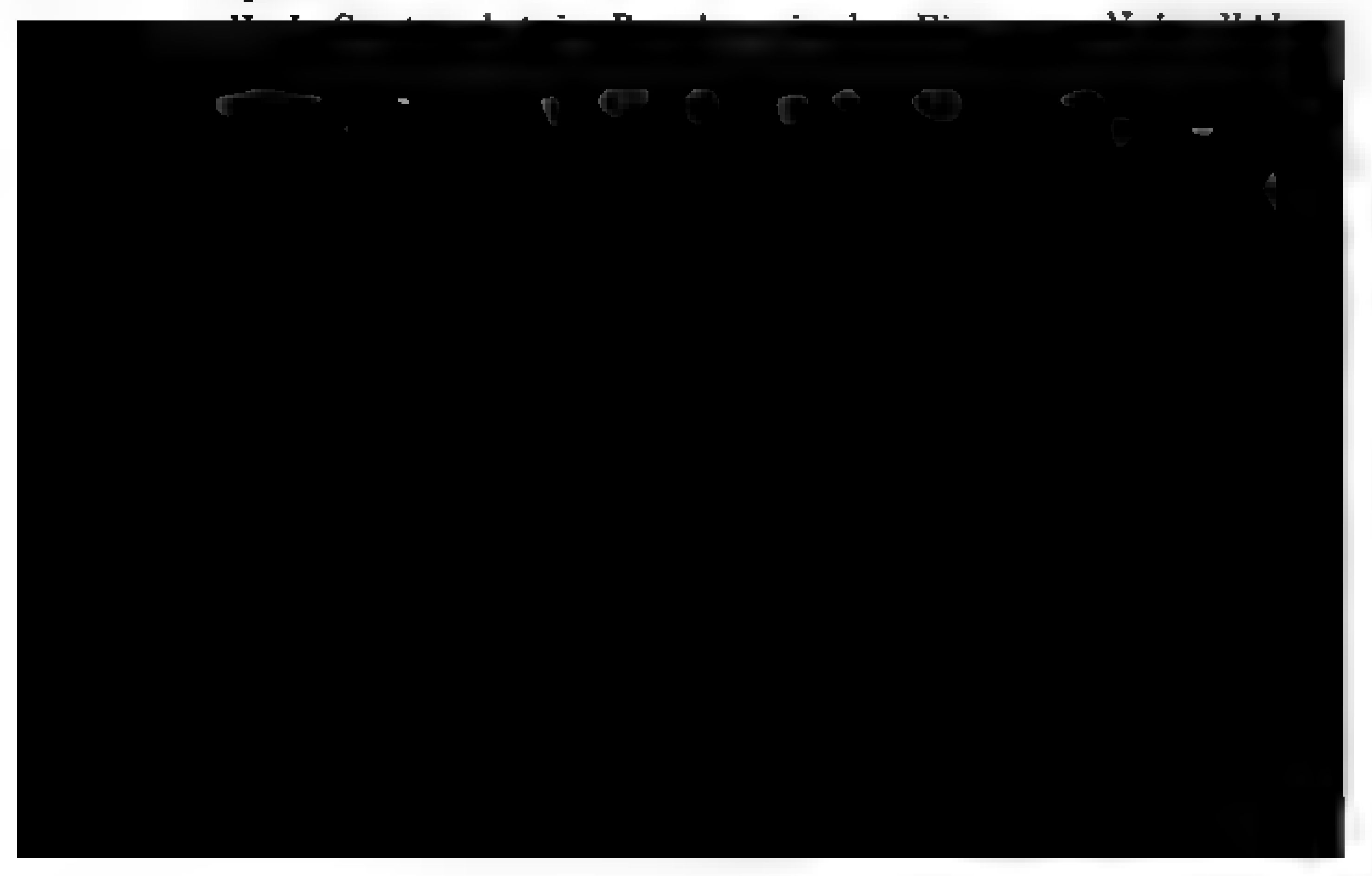
3. *Chytridium macrosporum*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 3—4. Diese Art habe ich bis jetzt nur in zwei Exemplaren gefunden, von denen das eine schon leer und das andere noch mit Protoplasma erfüllt war. Sie entwickelten sich einzeln je in einem Ei, wahrscheinlich von einem Rotatorium, welches im Schleim von *Chaetophora elegans* lebte und 55 Mikr. im Längs-, 30 Mikr. im Querdurchmesser besass. An der Seite des Eies, näher dem etwas stumpferen Ende desselben, kam ein langer, starker, wellenförmig gebogener und stumpf zulaufender röhrchenartiger Hals heraus, der den Querdurchmesser des Eies mindestens um das Fünffache übertraf und eine Dicke von —8 Mikr. besass. Der Inhalt sowohl des Röhrchens als auch des Eies selbst war angefüllt mit farblosem, feinkörnigem Protoplasma; n kurzer Zeit zerfiel dasselbe in verhältnissmässig grössere vieleckige Klümpchen, ganz wie bei der Zoosporenbildung der *Saprolegniaceen*. n dem Halse, welcher aus dem Ei hervortritt, waren die Plasmaklümpchen in eine einfache Reihe locker geordnet, und zeigten, von em gegenseitigen Drucke befreit, ovale Gestalt (Fig. 3). Die auf diese Weise entstandenen Schwärmsporen drängten sich dann enger aneinander und in Folge davon konnte man eine dünne Haut unterscheiden, welche sie sämmtlich noch innerhalb der Eischale umgab Fig. 4 a). Diese Haut, offenbar die eigentliche Membran des Zoosporangiums, stand von der Wand des Eies etwas ab; es zeigte sich jetzt deutlich, dass der Hals von ihr ausgewachsen und die Eischale durchbrochen hatte. Die Schwärmsporen traten kurze Zeit nach ihrer Ausbildung durch eine am Ende des Halses entstandene Oeffnung nach aussen und entfernten sich sofort eilig (Fig. 4). Sie hatten eine elliptische Gestalt und eine bei den *Chytridieen* ungewöhnliche Grösse, etwa 6 Mikr. breit und 10 Mikr. lang; ihr Inhalt war feinkörnig und in der Mitte heller durchleuchtend ohne stark lichtbrechenden Kern. Im Allgemeinen näherten sie sich in Gestalt, Grösse und Bau ihres Inhalts den Schwärmsporen der *Saprolegniaceen*. Die Zahl der Cilien und die Stelle, wo diese herauskommen, konnte ich indess nicht deutlich erkennen.

Wenn das entleerte Zoosporangium im Wasser zu Grunde geht, so verliert es zuerst den oberen Theil seines Halses, während der

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1856. p. 591.

tridien verdauen den röthlichen Inhalt des Eies und nehmen die Färbung desselben in ihrem Protoplasma an. Die Zahl und Grösse der mit dünner Wand umgrenzten Zoosporangien im Innern eines Eies ist verschieden. Bald kommen nur wenige, bald mehr als zehn vor; ihre Grösse beträgt 30 Mikr. bis 70 Mikr. Die reifen Zoosporangien wachsen in kurze, stumpfkonische Papillen aus, welche die Haut des Eies nach aussen durchbohren und mit homogenem ungefärbtem Plasma erfüllt sind. Wenn sich zahlreichere Zoosporangien in einem Ei entwickeln, so werden durch den von ihnen ausgeübten Druck die Wände des letzteren beträchtlich ausgedehnt, so dass der ursprüngliche ovale Umriss desselben abgerundete Hervorragungen zeigt. Der Inhalt der Zoosporangien ist anfänglich feinkörnig; in der Zeit ihrer Reife aber ist das Protoplasma von kleinen stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt. Nicht lange nachher treten durch eine an der Spitze der schnabelähnlichen Verlängerung entstandene Oeffnung die Schwärmsporen, von Schleim umgeben, heraus; sie bilden daher vor der Oeffnung des Zoosporangiums eine kugelige Masse (Taf. IV. Fig. 2a). Nach kurzer Zeit zerfliesst der Schleim im Wasser und die Schwärmsporen schwimmen rasch von der Oeffnung aus nach allen Seiten davon; sie haben eine kugelartige Gestalt, eine lange Cilie, einen nicht grossen excentrischen stark lichtbrechenden Kern und 4 Mikr. im Durchmesser (Fig. 2b).

Da wir in den vom *Chytr. gregarium* ergriffenen Rotiferen-Eiern die Zoosporangien des Parasiten auf verschiedenen Entwickelungsstufen finden, so können wir daraus schliessen, dass die Schwärmsporen des Parasiten in das Ei zu verschiedenen Zeitpunkten eingedrungen sind.



len beobachtete. Diese Art steht unserem *Chytr. gregarium* offenbar ır nahe, scheint aber doch wegen ihrer elliptischen Zellen und verlänrten Hälse als verschiedene Species betrachtet werden zu müssen. vergleichen ist auch *Chytr. zootocum* A. Braun[1]), welches Clarède in einer todten Anguillula fand.

3. *Chytridium macrosporum*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 3—4. se Art habe ich bis jetzt nur in zwei Exemplaren gefunden, a denen das eine schon leer und das andere noch mit Protoplasma llt war. Sie entwickelten sich einzeln je in einem Ei, wahrscheinh von einem Rotatorium, welches im Schleim von *Chaetophora gans* lebte und 55 Mikr. im Längs-, 30 Mikr. im Querdurchmesser ass. An der Seite des Eies, näher dem etwas stumpferen Ende selben, kam ein langer, starker, wellenförmig gebogener und stumpf laufender röhrchenartiger Hals heraus, der den Querdurchmesser Eies mindestens um das Fünffache übertraf und eine Dicke von -8 Mikr. besass. Der Inhalt sowohl des Röhrchens als auch des s selbst war angefüllt mit farblosem, feinkörnigem Protoplasma; kurzer Zeit zerfiel dasselbe in verhältnissmässig grössere vieleckige mpchen, ganz wie bei der Zoosporenbildung der *Saprolegniaceen*. dem Halse, welcher aus dem Ei hervortritt, waren die Plasmampchen in eine einfache Reihe locker geordnet, und zeigten, von n gegenseitigen Drucke befreit, ovale Gestalt (Fig. 3). Die auf se Weise entstandenen Schwärmsporen drängten sich dann enger inander und in Folge davon konnte man eine dünne Haut untereiden, welche sie sämmtlich noch innerhalb der Eischale umgab g. 4 a). Diese Haut, offenbar die eigentliche Membran des Zoospogiums, stand von der Wand des Eies etwas ab; es zeigte sich t deutlich, dass der Hals von ihr ausgewachsen und die Eischale chbrochen hatte. Die Schwärmsporen traten kurze Zeit nach ihrer bildung durch eine am Ende des Halses entstandene Oeffnung h aussen und entfernten sich sofort eilig (Fig. 4). Sie hatten e elliptische Gestalt und eine bei den *Chytridieen* ungewöhnliche sse, etwa 6 Mikr. breit und 10 Mikr. lang; ihr Inhalt war feinnig und in der Mitte heller durchleuchtend ohne stark lichtbrechen- Kern. Im Allgemeinen näherten sie sich in Gestalt, Grösse Bau ihres Inhalts den Schwärmsporen der *Saprolegniaceen*. Die il der Cilien und die Stelle, wo diese herauskommen, konnte ich ess nicht deutlich erkennen.

Wenn das entleerte Zoosporangium im Wasser zu Grunde geht, verliert es zuerst den oberen Theil seines Halses, während der

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1856. p. 591.

tridien verdauen den röthlichen Inhalt des Eies und nehmen die Färbung desselben in ihrem Protoplasma an. Die Zahl und Grösse der mit dünner Wand umgrenzten Zoosporangien im Innern eines Eies ist verschieden. Bald kommen nur wenige, bald mehr als zehn vor; ihre Grösse beträgt 30 Mikr. bis 70 Mikr. Die reifen Zoosporangien wachsen in kurze, stumpfkonische Papillen aus, welche die Haut des Eies nach aussen durchbohren und mit homogenem ungefärbtem Plasma erfüllt sind. Wenn sich zahlreichere Zoosporangien in einem Ei entwickeln, so werden durch den von ihnen ausgeübten Druck die Wände des letzteren beträchtlich ausgedehnt, so dass der ursprüngliche ovale Umriss desselben abgerundete Hervorragungen zeigt. Der Inhalt der Zoosporangien ist anfänglich feinkörnig; in der Zeit ihrer Reife aber ist das Protoplasma von kleinen stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt. Nicht lange nachher treten durch eine an der Spitze der schnabelähnlichen Verlängerung entstandene Oeffnung die Schwärmsporen, von Schleim umgeben, heraus; sie bilden daher vor der Oeffnung des Zoosporangiums eine kugelige Masse (Taf. IV. Fig. 2a). Nach kurzer Zeit zerfliesst der Schleim im Wasser und die Schwärmsporen schwimmen rasch von der Oeffnung aus nach allen Seiten davon; sie haben eine kugelartige Gestalt, eine lange Cilie, einen nicht grossen excentrischen stark lichtbrechenden Kern und 4 Mikr. im Durchmesser (Fig. 2b).

Da wir in den vom *Chytr. gregarium* ergriffenen Rotiferen-Eiern die Zoosporangien des Parasiten auf verschiedenen Entwickelungsstufen finden, so können wir daraus schliessen, dass die Schwärmsporen des Parasiten in das Ei zu verschiedenen Zeitpunkten eingedrungen sind.



sellen beobachtete. Diese Art steht unserem *Chytr. gregarium* offenbar sehr nahe, scheint aber doch wegen ihrer elliptischen Zellen und verlängerten Hälse als verschiedene Species betrachtet werden zu müssen. Zu vergleichen ist auch *Chytr. zootocum* A. Braun[1]), welches Claparède in einer todten Anguillula fand.

3. *Chytridium macrosporum*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 3—4. Diese Art habe ich bis jetzt nur in zwei Exemplaren gefunden, von denen das eine schon leer und das andere noch mit Protoplasma erfüllt war. Sie entwickelten sich einzeln je in einem Ei, wahrscheinlich von einem Rotatorium, welches im Schleim von *Chaetophora elegans* lebte und 55 Mikr. im Längs-, 30 Mikr. im Querdurchmesser besass. An der Seite des Eies, näher dem etwas stumpferen Ende desselben, kam ein langer, starker, wellenförmig gebogener und stumpf auslaufender röhrchenartiger Hals heraus, der den Querdurchmesser des Eies mindestens um das Fünffache übertraf und eine Dicke von 5—8 Mikr. besass. Der Inhalt sowohl des Röhrchens als auch des Eies selbst war angefüllt mit farblosem, feinkörnigem Protoplasma; in kurzer Zeit zerfiel dasselbe in verhältnissmässig grössere vieleckige Klümpchen, ganz wie bei der Zoosporenbildung der *Saprolegniaceen*. In dem Halse, welcher aus dem Ei hervortritt, waren die Plasmaklümpchen in eine einfache Reihe locker geordnet, und zeigten, von dem gegenseitigen Drucke befreit, ovale Gestalt (Fig. 3). Die auf diese Weise entstandenen Schwärmsporen drängten sich dann enger aneinander und in Folge davon konnte man eine dünne Haut unterscheiden, welche sie sämmtlich noch innerhalb der Eischale umgab (Fig. 4 a). Diese Haut, offenbar die eigentliche Membran des Zoosporangiums, stand von der Wand des Eies etwas ab; es zeigte sich jetzt deutlich, dass der Hals von ihr ausgewachsen und die Eischale durchbrochen hatte. Die Schwärmsporen traten kurze Zeit nach ihrer Ausbildung durch eine am Ende des Halses entstandene Oeffnung nach aussen und entfernten sich sofort eilig (Fig. 4). Sie hatten eine elliptische Gestalt und eine bei den *Chytridieen* ungewöhnliche Grösse, etwa 6 Mikr. breit und 10 Mikr. lang; ihr Inhalt war feinkörnig und in der Mitte heller durchleuchtend ohne stark lichtbrechenden Kern. Im Allgemeinen näherten sie sich in Gestalt, Grösse und Bau ihres Inhalts den Schwärmsporen der *Saprolegniaceen*. Die Zahl der Cilien und die Stelle, wo diese herauskommen, konnte ich indess nicht deutlich erkennen.

Wenn das entleerte Zoosporangium im Wasser zu Grunde geht, so verliert es zuerst den oberen Theil seines Halses, während der

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1856. p. 591.

tridien verdauen den röthlichen Inhalt des Eies und nehmen die Färbung desselben in ihrem Protoplasma an. Die Zahl und Grösse der mit dünner Wand umgrenzten Zoosporangien im Innern eines Eies ist verschieden. Bald kommen nur wenige, bald mehr als zehn vor; ihre Grösse beträgt 30 Mikr. bis 70 Mikr. Die reifen Zoosporangien wachsen in kurze, stumpfkonische Papillen aus, welche die Haut des Eies nach aussen durchbohren und mit homogenem ungefärbtem Plasma erfüllt sind. Wenn sich zahlreichere Zoosporangien in einem Ei entwickeln, so werden durch den von ihnen ausgeübten Druck die Wände des letzteren beträchtlich ausgedehnt, so dass der ursprüngliche ovale Umriss desselben abgerundete Hervorragungen zeigt. Der Inhalt der Zoosporangien ist anfänglich feinkörnig; in der Zeit ihrer Reife aber ist das Protoplasma von kleinen stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt. Nicht lange nachher treten durch eine an der Spitze der schnabelähnlichen Verlängerung entstandene Oeffnung die Schwärmsporen, von Schleim umgeben, heraus; sie bilden daher vor der Oeffnung des Zoosporangiums eine kugelige Masse (Taf. IV. Fig. 2a). Nach kurzer Zeit zerfliesst der Schleim im Wasser und die Schwärmsporen schwimmen rasch von der Oeffnung aus nach allen Seiten davon; sie haben eine kugelartige Gestalt, eine lange Cilie, einen nicht grossen excentrischen stark lichtbrechenden Kern und 4 Mikr. im Durchmesser (Fig. 2b).

Da wir in den vom *Chytr. gregarium* ergriffenen Rotiferen-Eiern die Zoosporangien des Parasiten auf verschiedenen Entwickelungsstufen finden, so können wir daraus schliessen, dass die Schwärmsporen des Parasiten in das Ei zu verschiedenen Zeitpunkten eingedrungen sind.

H. J. Carter hat in Bombay in den Eiern von *Nais albida* sackartige *Chytridien* beobachtet, welche in grösserer Anzahl auf Kosten des Dotters sich entwickelten, mit einem röhrenartigen Hals die Eischale durchbohrten und sehr zahlreiche, monadenähnliche, mit stark lichtbrechendem Kern und einer Cilie versehene Schwärmsporen, eine nach der andern, austreten liessen. Carter[1]) glaubte hier eine abnorme Entwickelung des Dotters beobachtet zu haben; nach der Zeichnung ist eine mit unseren *Chytr. gregarium* nahe verwandte, jedoch nicht völlig übereinstimmende *Chytridium*art nicht zu verkennen. — A. Braun[2]) beschreibt und zeichnet *Chytridium endogenum*, welches er im Innern von *Closterien* und anderen Algen-

[1]) H. J. Carter. On the Spermatology of a new Species of *Nais*. Annals of natural history. 3 Series. vol. 2. Aug. 1858. p. 99. Taf. IV. Fig. 45. 46.

[2]) l. c. p. 60. Taf. V. Fig. 21.

zellen beobachtete. Diese Art steht unserem *Chytr. gregarium* offenbar sehr nahe, scheint aber doch wegen ihrer elliptischen Zellen und verlängerten Hälse als verschiedene Species betrachtet werden zu müssen. Zu vergleichen ist auch *Chytr. zootocum* A. Braun[1]), welches Claparède in einer todten Anguillula fand.

3. *Chytridium macrosporum*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 3—4. Diese Art habe ich bis jetzt nur in zwei Exemplaren gefunden, von denen das eine schon leer und das andere noch mit Protoplasma erfüllt war. Sie entwickelten sich einzeln je in einem Ei, wahrscheinlich von einem Rotatorium, welches im Schleim von *Chaetophora elegans* lebte und 55 Mikr. im Längs-, 30 Mikr. im Querdurchmesser besass. An der Seite des Eies, näher dem etwas stumpferen Ende desselben, kam ein langer, starker, wellenförmig gebogener und stumpf auslaufender röhrchenartiger Hals heraus, der den Querdurchmesser des Eies mindestens um das Fünffache übertraf und eine Dicke von 6—8 Mikr. besass. Der Inhalt sowohl des Röhrchens als auch des Eies selbst war angefüllt mit farblosem, feinkörnigem Protoplasma; in kurzer Zeit zerfiel dasselbe in verhältnissmässig grössere vieleckige Klümpchen, ganz wie bei der Zoosporenbildung der *Saprolegniaceen*. In dem Halse, welcher aus dem Ei hervortritt, waren die Plasmaklümpchen in eine einfache Reihe locker geordnet, und zeigten, von dem gegenseitigen Drucke befreit, ovale Gestalt (Fig. 3). Die auf diese Weise entstandenen Schwärmsporen drängten sich dann enger aneinander und in Folge davon konnte man eine dünne Haut unterscheiden, welche sie sämmtlich noch innerhalb der Eischale umgab (Fig. 4a). Diese Haut, offenbar die eigentliche Membran des Zoosporangiums, stand von der Wand des Eies etwas ab; es zeigte sich jetzt deutlich, dass der Hals von ihr ausgewachsen und die Eischale durchbrochen hatte. Die Schwärmsporen traten kurze Zeit nach ihrer Ausbildung durch eine am Ende des Halses entstandene Oeffnung nach aussen und entfernten sich sofort eilig (Fig. 4). Sie hatten eine elliptische Gestalt und eine bei den *Chytridieen* ungewöhnliche Grösse, etwa 6 Mikr. breit und 10 Mikr. lang; ihr Inhalt war feinkörnig und in der Mitte heller durchleuchtend ohne stark lichtbrechenden Kern. Im Allgemeinen näherten sie sich in Gestalt, Grösse und Bau ihres Inhalts den Schwärmsporen der *Saprolegniaceen*. Die Zahl der Cilien und die Stelle, wo diese herauskommen, konnte ich indess nicht deutlich erkennen.

Wenn das entleerte Zoosporangium im Wasser zu Grunde geht, so verliert es zuerst den oberen Theil seines Halses, während der

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1856. p. 591.

untere Theil in Form einer kurzen Röhre länger dem Untergange widersteht.

Obwohl *Chytr. macrosporum* mit *Chytr. gregarium* den Nährkörper (Eier von Rotatorien) gemein hat, so muss ich dasselbe doch für eine verschiedene Art erklären, da abgesehen von seinem vereinzelten, nicht geselligen Vorkommen und dem röhrenförmig verlängerten Halse seine Schwärmsporen sich durch die weit bedeutendere Grösse und insbesondere durch den Mangel eines stark lichtbrechenden Kerns unterscheiden, worin sie sich näher an die *Saprolegnien* anschliessen.

4. Chytridium Coleochaetes, nov. spec. Taf. IV. Fig. 5—10. Diese Art entwickelt sich in den Oogonien der *Coleochaete pulvinata* A. Br., niemals in den vegetativen Fadenzellen, auf denen dagegen A. Braun das *Chytr. mamillatum* entdeckte [1]). Bekanntlich bilden die Oogonien dieser Alge terminale kuglige, mit einer grünen Oosphaere erfüllte Zellen, die sich an der Spitze in einen langen, oben offenen farblosen Hals verlängern [2]). Durch die Oeffnung des Halses tritt die Zoospore des *Chytridium* ein, und indem sie, ähnlich dem Spermatozoid von *Coleochaete,* bis zum Bauch des Oogoniums und zur Oosphaere vordringt, entwickelt sie sich zu einem einzelligen Parasiten, welcher den ganzen Inhalt der Oosphaere zu seiner Ernährung verbraucht, so dass im Bauche des Oogoniums nur ein unverdauter Rest in Form eines grösseren oder kleineren ziegelbräunlichen Ballens zurückbleibt. Diese Zerstörung der Oosphaere ist in unmittelbarer Berührung des Parasiten am deutlichsten.

Der Parasit erhält bald die Form einer röhrenförmigen Zelle, welche in den Hals des Oogoniums hineinwächst (Fig. 5—6) und diesen so eng ausfüllt, dass seine Haut in dem Oogoniumhals sich nur durch etwas grössere Dicke der Membran desselben erkennen lässt. Nachdem der Parasit den Hals des Oogoniums durchwachsen hat, verlängert er sich flaschenförmig über denselben hinaus, wird aber weiter oben wieder schmäler und wächst allmählich in ein stumpfes Ende aus (Fig. 7), die parasitische *Chytridium*-Zelle nimmt daher die Form einer langgestreckten Spindel an, deren kleinere schmälere Hälfte im Oogonium der *Coleochaete* steckt, während die

[1]) A. Braun über *Chytridium* 1856 p. 32 Tab. II Fig. 12. In ähnlicher Weise findet sich *Chytridium Olla* A. Br. ausschliesslich auf den Oogonien einer *Oedogonium*art, nie an ihren vegetativen Zellen, wo dagegen andere Arten (*Ch. acuminatum, brevipes* u. a.) vorkommen.

[2]) Pringsheim, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, II. Band. Berlin 1860. Taf. V.

grössere Hälfte von der Anschwellung an herausragt. Nunmehr wird die ausgewachsene *Chytridium*-Zelle zum Zoosporangium; ihr Inhalt, anfangs farblos und homogen, wird feinkörnig; die im Protoplasma desselben sehr zahlreich eingelagerten Körnchen brechen das Licht stark; in seiner Gestalt ähnelt das ausgewachsene Zoosporangium etwa dem *Chytr. Lagenula* A. Br. [1]), von dem es jedoch schon durch das Vorkommen verschieden ist; die längsten erreichten 125 Mikr., die mittlere Länge betrug 80 Mikr., die grösste Breite nur 12 Mikr.

Die Schwärmsporen bilden sich bei *Ch. Coleochaetes* wie bei den übrigen Arten durch freie Zellbildung um Kerne innerhalb des Zoosporangiums; sie treten nach aussen durch eine an der Spitze desselben entstandene Oeffnung (Fig. 8); sie sind sehr klein, höchstens 2 Mikr., und besitzen einen sehr kleinen, stark lichtbrechenden Kern und eine Cilie (Fig. 8 a).

Oft wachsen aus einem Oogonium der *Coleochaete* zwei Zoosporangien des *Chytridium* heraus (Fig. 9). In diesem Falle, wo demnach nicht wie gewöhnlich blos eine, sondern zwei Zoosporen eingedrungen sind, finden wir im Bauche des Oogoniums die divergirenden Basaltheile der beiden Parasiten, während dieselben sich im Halse so dicht aneinander pressen, dass man sie in der Regel nur in jüngerem Alter oder noch leichter nach Entleerung der Schwärmsporen als getrennte Zellen unterscheiden kann. Aus dem Halse des Oogoniums herausgetreten divergiren die beiden Zoosporangien wieder. Manchmal ist von den zwei in einem Oogonium zusammen vorkommenden Zoosporangien das eine noch von Protoplasma erfüllt, während das zweite ältere schon vollständig leer ist.

Etwas seltener als die ziemlich häufige Anwesenheit von zwei Zoosporangien finden sich in einem Oogonium deren drei, und nur einmal habe ich aus einem Oogoniumhals vier Zoosporangien heraustreten gesehen, die aber ihre Reife noch nicht vollständig erreicht hatten (Fig. 10).

Sobald ein Oogonium der *Coleochaete* durch das *Chytridium* befallen wird, so ist jede weitere Entwickelung desselben abgebrochen; insbesondere unterbleibt auch die Berindung des Oogoniums, welche, wie bekannt, erst nach der Befruchtung der Oosphaere eintritt.

Das *Chytr. Coleochaetes* habe ich im Herbst 1875 bei Breslau (am Margarethendamm) sehr zahlreich gefunden.

5. Chytridium microsporum, nov. spec. Taf. IV. Fig. 11. Diese

---

[1]) l. c. Taf. II. Fig. 2—7.

Art lebt auf der in den Gallertkugeln von *Chaetophora elegans* nistenden *Mastigothrix aeruginea* Ktzg., wie das sogleich zu schildernde *Chytr. Mastigotrichis*, dem es rücksichtlich der Gestalt und Grösse ähnlich ist.

Die von dünnen Wänden begrenzten Zoosporangien sind mehr oder weniger kugelförmig oder oval, 30—50 Mikr. im Durchmesser und mit einem Punkte ihrer Peripherie an einem Mastigothrixfaden angewachsen. (Taf. IV Fig. 11.) Bei der Bildung der Schwärmsporen treten in ihrem Inhalte zahllose kleine Kerne auf, welche dicht aneinander gelagert sind, keine deutlichen Umrisse haben und nur matt glänzen, da sie das Licht schwach brechen. Um diese Kerne bilden sich die Schwärmsporen, treten durch eine Oeffnung, die ich jedoch nicht wahrnehmen konnte, aus dem Zoosporangium heraus, ohne, wie es schien, von Schleim umgeben zu sein, und eilen sogleich auseinander (Fig. 11). Die im Innern des Zoosporangium zurückgebliebenen Schwärmsporen zeigen eine sehr lebhafte Bewegung, verlassen dasselbe aber im Laufe einer kurzen Zeit einzeln, sodass dieses zuletzt vollständig entleert wird. Die Schwärmsporen sind so klein, dass sie bei einer schwachen Vergrösserung nur kleine Körnchen von Protoplasma zu sein scheinen, welches etwa aus einer verletzten Zelle herausgeflossen ist. Bei einer Vergrösserung von 850 erscheinen sie als wirkliche längliche *Chytridium*schwärmer von 2 Mikr. Länge, aber kaum den dritten Theil so breit (Fig. 11a). Ihr Protoplasma umschliesst an dem schmäleren Ende ein stärker lichtbrechendes Körnchen mit undeutlichen Umrissen. Bei Zusatz von Jod kann man an den Schwärmsporen eine ziemlich starke Cilie wahrnehmen, welche in der Nähe des Kernes hervorkommt (Fig. 11a). Die Schwärmsporen schwimmen schnell, indem sie dabei die Cilie nach vorne kehren und sich in den oberen Schichten des Wassers halten.

6. *Chytridium Epithemiae*, nov. spec. Taf. IV. Fig. 12. 13. Die Zoosporangien dieses *Chytridium* sind sehr zierlich, etwa radieschenförmig, an ihrem oberen kuglig angeschwollenen Theile befinden sich zwei gewölbte Deckel, von denen der eine seinen Platz mehr in der Mitte des Scheitels, der andere mehr nach der Seite zu einnimmt (Taf. IV. Fig. 13). Der untere Theil des Zoosporangiums läuft in einen schmalen Stiel aus, welcher auswendig an der Schale von *Epithemia Zebra* angewachsen ist; auch kommen häufig zwei Parasiten auf einer *Epithemien*schale vor. Die Wände des Zoosporangiums sind farblos und ziemlich dick, sein Durchmesser beträgt 12 Mikr.

Der Bildung der Zoosporen geht, wie gewöhnlich, das Auftreten einer nicht sehr grossen Zahl stark lichtbrechender Kerne vorher, welche gleichmässig in gewissen Abständen im durchsichtigen Inhalt vertheilt sind (Fig. 12. 13); das Ausschwärmen selbst habe ich nicht beobachten können. Entleerte Zoosporangien dagegen habe ich sehr zahlreich auf den *Epithemien* angetroffen, welche von dem Parasiten getödtet schienen; von den beiden Deckeln war regelmässig nur der eine abgeworfen, der andere sass noch fest; auf anderen Bacillarienarten habe ich dieses *Chytridium* nicht bemerkt, auch wenn sie gesellig zwischen den *Epithemien* lebten.

7. *Chytridium Mastigotrichis,* nov. spec. Taf. IV. Fig. 14—21. Diese Art entwickelt sich am häufigsten auf den oberen Theilen der Fäden von *Mastigothrix aeruginea* Ktzg.; seltener kann man sie auch an den unteren Theilen derselben finden, offenbar deshalb, weil die schmäleren Enden dieser Fäden, die der Oberfläche der Gallertkugeln von *Chaetophora elegans* näher sind, den Schwärmsporen des Parasiten einen leichteren Zutritt gewähren, als ihre tiefer im Schleim zwischen den Aesten der *Chaetophora* eingesenkten Basaltheile. Die reifen Zoosporangien sind mehr oder minder regelmässig kugelförmig oder etwas elliptisch, etwa 40 Mikr. im Durchmesser und laufen in einen Hals aus, dessen Länge ausserordentlich verschieden ist (Taf. IV. Fig. 16. 17) von einem unbedeutenden Schnäbelchen bis zu einer langen Röhre, welche den Durchmesser des Zoosporangiums fast um die Hälfte übertrifft; manchmal bilden die Zoosporangien auf ihrer Oberfläche zahnähnliche Erhöhungen, gleichsam kleine Buckelchen. In sehr jugendlichem Alter ist der Parasit eine kleine mehr oder weniger kugelige Zelle mit farblosem Protoplasma, in welchem stark lichtbrechende Körnchen eingelagert sind (Fig. 14); mit der Zeit aber wird das Protoplasma in seiner ganzen Masse feinkörnig. Aus der Oberfläche der äusseren Wand der *Chytridium*zelle wachsen gewöhnlich fadenförmige Fortsätze heraus, welche sich zuerst als volle Fäden darstellen, ohne deutliche Wände; später erreichen sie oft eine bedeutende Länge und bilden sogar Aeste (Fig. 15). Wenn diese Fortsätze blind im Schleime der *Chaetophora* enden, dann laufen ihre Spitzen in äusserst feine Fäden aus; wenn dagegen ein Fortsatz auf einen benachbarten *Mastigothrix*faden stösst, so wächst er in denselben hinein, eine kuglige Erweiterung bildend (Fig. 15, Fig. 17—20). Solche *Mastigothrix*fäden zeigen durch das Gelbwerden ihres Inhalts ihr Absterben an, welches offenbar in der zerstörenden Einwirkung des Parasiten seine Ursache hat. Es verhalten sich daher die fadenförmigen Fortsätze wie

Haustorien. In der Regel ist die Zahl der Haustorien eine beschränkte; häufig entstehen bloss ein oder zwei, in anderen Exemplaren jedoch eine grössere Zahl von Haustorien; andererseits habe ich Individuen gesehen, an welchen sich gar kein Haustorium befand. Trotzdem erscheinen auch diese *Chytridien* als normal entwickelt, wenn auch nur auf Kosten des einen *Mastigothrix*fadens, an den sie von vorn herein angewachsen waren. Es ergiebt sich hieraus, dass der Parasit aus den entfernteren *Mastigothrix*fäden seine Nahrung durch die Enden seiner Haustorien zieht, während er aus dem Faden, an welchen er unmittelbar angewachsen ist, seine Nahrung mit seiner ganzen Berührungsfläche schöpft, ohne dass sich an dieser Stelle irgend welche Anhangsgebilde erzeugen. In diesem Falle trennt sich das Zoosporangium bisweilen in entwickeltem Zustande von dem zerstörten *Mastigothrix*faden und zeigt dann an der Anwachsstelle eine völlig glatte Oberfläche. Bisweilen berührt ein Zoosporangium zwei oder mehr nahe bei einander befindliche *Mastigothrix*fäden, verwächst mit allen diesen Fäden zusammen, welche an der Berührungsstelle bogenartig sich krümmen, und zerstört sie alle zu gleicher Zeit (Fig. 16).

Die Schwärmsporen bilden sich durch freie Zellbildung im ganzen Zoosporangium, den langen Hals desselben mit eingerechnet; zur Zeit ihres Austretens drückt ihre Masse gegen das obere Ende des Halses und löst die Haut desselben unter dem Auge des Beobachters auf (Fig. 17. 18). Aus der terminalen Oeffnung des Halses treten die Schwärmsporen heraus, durch gemeinsamen Schleim verbunden; zuerst erscheint daher vor der Oeffnung eine kleine, mit nur wenigen Schwärmsporen angefüllte Schleimkugel (Fig 18), die jedoch mehr und mehr an Grösse zunimmt, entsprechend dem fortgesetzten Hinzutreten der noch zurückgebliebenen Zoosporen (Fig. 19). Während die Schleimmasse im Wasser allmählich quillt und sich auflöst, entfernen sich die Schwärmsporen gleichsam strahlenartig, indem sie zuerst mit ihren stumpferen, abgerundeten Enden vorwärts streben (Fig. 20). Zuerst befreien sich diejenigen, welche sich der Oberfläche der Schleimkugel am nächsten befinden, von dem umgebenden Schleime und eilen hinweg. Da die Zahl der Schwärmsporen in einem Zoosporangium ziemlich gross und ihr Heraustreten nicht gerade ein schnelles ist, so kann man ihr Auseinandereilen verhältnissmässig lange beobachten, indem die einen bereits frei im Wasser umherschwimmen, während die anderen erst aus dem Zoosporangium heraustreten. Zuletzt bleibt das Zoosporangium ganz leer zurück und verändert jetzt, frei von dem inneren Drucke seines früheren

Inhalts, die bisherigen äusseren Umrisse einigermassen, um so mehr als seine Wände dünn und wenig elastisch sind und in Folge dessen leicht zusammenschrumpfen.

Die Schwärmsporen des *Chytr. Mastigotrichis* unterscheiden sich in vielen Beziehungen von denen der übrigen *Chytridiaceen*. Sie sind verhältnissmässig gross und von eiförmiger Gestalt; ihre Länge beträgt etwa 8, die Breite 5 Mikr. Die Cilie befindet sich an ihrem schmäleren Ende (Fig. 21); die Aussenfläche der Schwärmspore besteht aus farblosem, hyalinem Protoplasma, welches an dem stumpferen Ende eine dickere Schicht bildet, gegen das spitzere Ende aber schmäler wird, so zwar, dass es in der Gegend der Cilie nur einen zarten Ueberzug darstellt. Diese hyaline Schicht umgiebt, ähnlich wie das Weissei den Dotter des Hühnerei, einen inneren, stärker lichtbrechenden Körper von verlängert elliptischer Gestalt, der offenbar dem stark lichtbrechenden Kerne anderer Arten entspricht; die Substanz dieses Kerns ist an ihrer Oberfläche dichter als im Innern. An dem schmäleren Ende der Schwärmspore, dicht an der Cilie, befindet sich ein längliches Körnchen eines besonders stark lichtbrechenden Stoffes, welches anscheinend dem sogenannten Augenflecke anderer Schwärmsporen entspricht, mit dem einzigen Unterschiede, dass es hier ungefärbt ist. Oft kommen im Kerne der Schwärmspore, dicht bei der Cilie, seltener auch an anderen Stellen, mehr oder weniger zahlreiche Körnchen vor.

In einigen Fällen habe ich amoebenartige Veränderungen an den Schwärmsporen beobachtet. Die äussere hyaline Protoplasmaschicht ist besonders contractil und verlängert sich, indem sie sich nach einer Seite gleichsam ergiesst (Fig. 21 a b c), während der Kern sich entweder schwächer verlängert oder auch gar nicht seine Gestalt verändert, wenn die Formveränderung der ganzen Schwärmspore überhaupt eine geringere ist.

Die Schwärmbewegung der Zoosporen des *Chytr. Mastigotrichis* geht keineswegs schnell vor sich; dabei verfolgen sie beim Schwimmen bald eine gerade, bald mehr oder minder gebogene zickzackartige Linien. Manchmal halten sie sich auf ihrem Wege bei irgend einem Gegenstande auf, wenden sich aber alsbald wieder nach der einen oder der anderen Richtung. Es ist auch bemerkenswerth, dass die Schwärmsporen beim Schwimmen stets ihr stumpferes Ende nach vorne kehren, so dass die Cilie gleich einem Steuer nach hinten gerichtet bleibt, ohne jedoch den Zweck eines solchen zu erfüllen. Es scheint vielmehr die Cilie gar keinen Einfluss auf die Bewegung der Schwärmspore zu haben.

II. Obelidium[1]), nov. gen.

Das einzellige Zoosporangium erhebt sich auf einem mehr oder weniger ausgebildeten Träger aus der Mitte eines strahlenartig in einer Ebene ausgebreiteten dichotomisch verzweigten Mycels, von welchem es durch eine Scheidewand vollständig abgeschlossen ist. Die Zoosporen bilden sich in geringer Zahl und treten durch eine seitliche Oeffnung aus.

1. *Obelidium mucronatum*. nov. spec. Taf. V. Fig. 1—5. In dem Gefässe, worin ich die *Chaetophoren* cultivirte, fand ich am letzten December 1875 auf der leeren Haut einer Mückenlarve ausser einem *Pythium* auch die in Rede stehende *Chytridiacee*.

Das einzellige Zoosporangium dieser Art, welches eine Länge von 32—56 Mikr., im Mittel 42 Mikr. und einen Querdurchmesser von 8—15 Mikr. erreicht, besteht in typisch entwickeltem Zustande aus zwei Theilen. Der obere bei weitem grössere hat eine kegelförmige Gestalt und endigt in einem schmalen soliden zugespitzten Stachel (Taf. V. Fig. 1). Der untere Theil dagegen, der jedoch durch keine Scheidewand abgegrenzt ist, besteht aus einer fussähnlichen Verschmälerung mit bedeutend verdickter, doppelte Contur zeigender Wandung, die gewissermassen einen Stiel oder Sporangiumträger bildet; derselbe verengt sich von oben nach unten, geht jedoch an der Basis wieder in eine kugelförmige Erweiterung über, mit der er sich an die Oberfläche der Larvenhaut anheftet. Von dieser kugelförmigen Basis gehen strahlenartig mehr oder weniger zahlreiche überaus feine, fast unmessbar dünne Mycelzweige aus, die sich in der durchsichtigen Larvenhaut dichotomisch ohne Querwände üppig verzweigen. Sie bilden um das Zoosporangium einen ziemlich grossen Kreis bis zu 160 Mikr. Durchmesser (Taf. V. Fig. 2). In der Regel treten aus der Basis des Zoosporangiumstieles nur wenige dickere Mycelässte, die sich alsbald nach allen Seiten hin gabeln. Manchmal jedoch beginnt das Mycel mit einem einzigen Faden, der vom Zoosporangium ausläuft und sich erst etwas tiefer verästelt (Taf. V. Fig. 4 a). Die einzelnen Mycelzweige sehen wie farblose, solide aber äusserst zarte Fäden aus; die dickeren Aeste aber der kräftigeren Exemplare haben zumal in der Nähe der Stielbasis deutliche Doppelwände.

In dem farblosen Protoplasma des Zoosporangiums entstehen vor der Entwickelung der Schwärmsporen die Schwärmsporenkerne, welche für die meisten *Chytridiaceen* charakteristisch sind (Taf. IV. Fig. 3). Die Schwärmsporen bilden sich nur in geringer Zahl und

[1]) Der Name ist von ὀβελός, Spiess, gebildet.

treten durch eine in der Zoosporangiumwand unter dem Stachel entstandene Oeffnung nach aussen; sie verharren aber, ohne Zweifel von Schleim umgeben, vor der Oeffnung eine Zeit lang im Zustande der Ruhe (Taf. V. Fig. 1), ein Theil der Schwärmsporen bleibt unbeweglich im Zoosporangium zurück. Plötzlich beginnen die zuerst ausgetretenen Zoosporen sich nach allen Seiten zu zerstreuen; auch die im Zoosporangium gebliebenen schwärmen fast gleichzeitig innerhalb desselben und verlassen es erst nach einiger Zeit. Die kugeligen Schwärmsporen haben 2,5 Mikr. im Durchmesser, besitzen einen kleinen excentrischen Kern und wahrscheinlich eine Cilie. Bei ihren schnellen Bewegungen wenden sie sich rasch nach verschiedenen Seiten. Das entleerte Zoosporangium ist zart und durchsichtig, schrumpft sehr leicht zusammen und geht viel eher zu Grunde, als der stark verdickte Stachel und der steife Stiel (Fig. 2).

Die Schwärmspore keimt auf der Oberfläche der Larvenhaut; aus ihr wächst bei der Keimung auf der einen Seite das Mycel (Fig. 5) hervor, während sie selbst sich zur Anlage des Zoosporangiums entwickelt. Das Mycel verzweigt sich mehr und mehr und breitet sich über eine immer grössere Fläche aus, doch so, dass die sämmtlichen Gabeläste in der nämlichen Ebene verlaufen. Die Anlage des Zoosporangiums erscheint zuerst als ein kleiner länglicher protoplasmareicher Körper im Centrum des Mycels, von welchem er durch eine Querwand sich abgliedert; er wächst bald in die kegelförmige Spitze aus, deren Inhalt stärker lichtbrechend ist, als das übrige Protoplasma, und deren Membran sich sehr stark verdickt; die mittlere Region dagegen schwillt mehr oder weniger auf, während die Basis stielartig sich verdünnt, ihre Membran dagegen sich stark verdickt und an der Scheidewand die kugelartige Erweiterung ausbildet (Fig. 4). Die Höhe des Stiels ist an verschiedenen Individuen sehr verschieden. Manchmal fehlt derselbe ganz und das Zoosporangium sitzt mit der kugelförmigen Basis unmittelbar auf dem Mycel. In typischen Individuen bilden sich im Stiel keine Zoosporen; bei der stiellosen Form entstehen dieselben im ganzen Zoosporangium bis zur kugligen Basis.

III. Rhizidium A. Br.

Die Begründung und Beschreibung der Gattung *Rhizidium* verdanken wir dem Entdecker der *Chytridiaceen* Al. Braun; sie unterscheidet sich nach ihm von *Chytridium* „durch eine verlängerte, in viele Zweige mit äusserst feinen Enden sich theilende Wurzel und durch die Bildung einer zweiten, zur Fructification

bestimmten Zelle, welche aus dem blasenartig erweiterten oberen Ende der vegetativen Zelle durch seitliche Aussackung hervorwächst. Die Fructification ist von zweifacher, auf verschiedene Individuen vertheilter Art: entweder nämlich bilden sich in der seitlichen und zur besonderen Zelle sich abschliessenden länglichen Aussackung Zoogonidien, welche ganz die Beschaffenheit derer von *Chytridium* besitzen, oder diese Aussackung nimmt eine kugelförmige Gestalt an und wird zu einer einzigen, sich allmählich braun färbenden, mit dicker und höckeriger oder fast stacheliger Haut und grossem Kern versehenen ruhenden Spore [1])." Ausser der Art *Rhizidium mycophilum* A. Br., welche man bis jetzt einzig und allein in dem Schleime der *Chaetophora elegans* gefunden hat, erwähnen Al. Braun und Schenk ein anderes, *Rhizidium Euglenae* [2]); Schenk hat noch ein drittes, *Rhizidium intestinum* beschrieben, welches er innerhalb der Zellen von *Nitella flexilis*, in vielen *Oedogonien* und einige Male auch in *Mougeotia* entdeckte [3]).

1. *Rhizidium mycophilum* A. Br. Taf. V. Fig. 6—12, Taf. VI. Fig. 1—5. Ich hatte Gelegenheit, im Schleim von *Chaetophora elegans* von September bis November 1875 *Rhizidium mycophilum* A. Br. sehr häufig aufzufinden, wo es, theils in einzelnen Individuen zerstreut, theils gruppenweise zu Colonien mehr oder weniger fest vereinigt, vorkommt.

Die Wurzelzelle dieses *Rhizidium* ist oft sehr lang (etwa bis 150 Mikr.) und verästelt; da, wo sie mit der Zoosporangiumzelle zusammenstösst, ist sie etwas erweitert und oft zwiebelartig ausgedehnt. In der Regel gehen von einem Hauptfaden, gewissermassen einer Pfahlwurzel, Aeste nach verschiedenen Richtungen, welche immer feiner werden und in den letzten Verzweigungen in äusserst dünne Fasern auslaufen (Taf. VI. Fig. 1). Seltener entspringen aus der zwiebelartigen Ausdehnung zwei gleich dicke Hauptäste, welche sich dann weiter verzweigen. Die Zoosporangiumzelle ist bald rundlich, bald mehr länglich, etwa 25 Mikr. im Querdurchmesser und 40 Mikr. lang, manchmal auch derartig in die Länge gezogen, dass letztere den Breitendurchmesser um das zwei- bis dreimalige, wo nicht gar noch mehr, übertrifft und circa 88 Mikr. erreicht; sie ist zur Zeit

1) Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856 p. 591.

2) Braun l. c. Schenk, Algolog. Mittheilungen p. 246. *Rhizidium Euglenae*, das ich für identisch mit *Chytridium Euglenae* A. Br., Abhandl. der Berl. Akademie 1856 p. 47, Bail, Bot. Zeitschr. 1855 p. 678, halte, stelle ich nach meinen neuesten Untersuchungen in eine besondere Gattung, die ich später beschreiben werde.

3) Dr. A. Schenk, Ueber das Vorkommen contractiler Zellen im Pflanzenreiche. Würzburg 1858.

der Schwärmsporenentwickelung mit einem papillenartigen Schnäbelchen versehen.

Die Zellwände sind bei dieser Art zart, durchsichtig und farblos; bei Zusatz von Jod und Schwefelsäure konnte ich keine blaue Färbung wahrnehmen. Der Zellinhalt besteht aus farblosem, feinkörnigem Protoplasma, welches nur in der papillenartigen Verlängerung der Zoosporangiumzelle mehr homogen und ohne Körnchen ist. Manchmal glaubte ich in der Zoosporangiumzelle einen deutlichen Zellkern zu erkennen. (Taf. VI. Fig. 1.)

Der Bildung der Zoosporen geht wie gewöhnlich das Auftreten zahlreicher stark lichtbrechender Kerne voraus, welche von hyalinem Protoplasma umgeben und dadurch von einander getrennt sind. (Fig. 1.) Durch eine an der Spitze des Zoosporangiums entstandene Oeffnung fliesst der gesammte Inhalt desselben, welcher aus Schwärmsporen und Schleim besteht, nach aussen und bildet zuerst eine kugelige Masse, welche vor der Oeffnung liegen bleibt (Fig. 2). Nun beginnt die Kugel durch Wassereinsaugung anzuschwellen; in Folge dessen kann man bald an den nunmehr weiter von einander abstehenden Schwärmsporen nicht nur ihre Kerne, sondern auch die Umrisse der dieselben umgebenden Protoplasmahüllen unterscheiden. Hierauf zerfliesst die Schwärmsporenkugel zu einer formlosen Masse, welche indess den Zusammenhang mit dem Zoosporangium, aus welchem noch fortwährend Schwärmsporen, eine nach der andern, hinzukommen, nicht aufgiebt. Alle Schwärmsporen besitzen bis dahin keine active Bewegung, sie werden nur durch die Bewegung des Schleims aus dem Zoosporangium ausgetrieben. An der Peripherie der ausgeflossenen Schleimmasse beginnen die Schwärmsporen sich langsam in Bewegung zu setzen und schwimmen, sobald sie mit dem Wasser in Berührung kommen, schnell davon (Fig. 3). Eine kleine Anzahl bleibt noch lange im Zoosporangium zurück; sie verlassen dasselbe aber endlich eine nach der andern.

Die Schwärmsporen sind kugelrund, 5 Mikr. im Durchmesser, haben ziemlich grosse excentrische Kerne, die stark das Licht brechen; sie bewegen sich stossweise, fast raketenartig. Nachdem ihre Bewegung eine gewisse Zeit gedauert hat, keimen sie entweder im Schleim der nämlichen *Chaetophora*, von der sie ausgegangen sind, oder gelangen wohl auch in andere Exemplare derselben Pflanze.

Die zur Ruhe gelangten Schwärmsporen entwickeln sich zu neuen *Rhizidien*, indem aus ihrem kugeligen Körper an einem Punkte ein äusserst zarter, langer Keim- oder Wurzelfaden hervorwächst, der sich sehr früh in noch feinere Aestchen verzweigt. An der Anheftungsstelle zeigt

der Wurzelfaden alsbald eine kleine Erweiterung, über welcher der eigentliche Körper der Zoospore kugelig anschwillt und sich allmählich zur Zoosporangiumzelle ausbildet. Hierbei wird der oelartige Kern immer kleiner, sodass derselbe offenbar als ein der Zoospore beigegebener Reservestoff zur Ernährung der jungen Keimpflanze verbraucht wird; das Protoplasma der letzteren ist anfänglich homogen und zeigt Vacuolen; später wird es körnig; nunmehr unterscheiden sich die jungen *Rhizidien* von den ausgewachsenen nur durch ihre geringere Grösse (Fig. 4). Das leere Zoosporangium zeigt eine zarte, durchsichtige Membran, welche leicht zusammenschrumpft und bald der Zerstörung anheimfällt. Die Wurzelzelle dagegen, welche an der Bildung der Schwärmsporen keinen Antheil nimmt, schreitet auch nach der Entleerung derselben in ihrer eigenen Entwickelung weiter fort. Noch vor dem Erscheinen der Schwärmsporenkerne im Zoosporangium kann man *Rhizidien* antreffen, in denen die Anschwellung der Wurzelzelle fast kugelartig ausgedehnt und durch eine Querwand abgetrennt ist, derart, dass man jetzt ein aus drei hintereinander folgenden Zellen bestehendes *Rhizidium* vor sich hat. (Fig 5.) Nach der Entleerung der Schwärmsporen wird das Zoosporangium durch die aus jener zwiebelartigen Anschwellung entstandene Zelle ersetzt; daher finden wir oft verhältnissmässig kleine Zellen, welche das Anhängsel einer langen Wurzelzelle bilden.

Während ich die Entwickelung der Zoosporen nur im September beobachten konnte, zeigten sich später im Herbst die schon von A. Braun erwähnten dickwandigen Dauersporen. Ueber ihre Entstehung habe ich eine Reihe höchst interessanter Beobachtungen gemacht, deren Beschreibung ich mir für einen anderen Ort vorbehalte, weil ich deren Vervollständigung beabsichtige. Ich beschränke mich daher hier auf das bis jetzt noch nicht gekannte Verhalten der Dauersporen bei der Keimung.

Die Dauersporen finden sich einzeln an der Spitze einer Wurzelzelle oder zu zahlreichen Colonien vereinigt, von einem schwer entwirrbaren Knäuel von Wurzelzellen umgeben und von mehr oder weniger langen Härchen filzartig bedeckt. Sie erreichen 15—30 Mikr. im Längendurchmesser, ihre Sporenmembran besteht anscheinend aus zwei Schalen; die äussere trägt meist eine dichte Bekleidung feiner Härchen (Taf. V. Fig. 7, Fig. 8). Ihr Inhalt ist feinkörniges Protoplasma, in dessen Mitte ein sehr grosser stark lichtbrechender Oeltropfen sich auszeichnet. Die Dauersporen bleiben Monate lang im Ruhezustande. Die Keimung begann bei dem in den ersten

Tagen des November gesammelten und im warmen Zimmer aufbewahrten Material Anfang December und dauerte bis zu den ersten Tagen des Januar, wo der ganze reichliche Vorrath der Dauercolonien sich aufbrauchte.

An der Spitze der keimenden Dauerspore tritt zuerst eine kleine Blase, nachdem sie die äussere Sporenhaut in einem kleinen Punkte durchbrochen, nach aussen hervor (Taf. II. Fig. 6); sie enthält sehr zartes homogenes Plasma, welches von einer überaus feinen Haut umgeben ist. Im weiteren Verlaufe vergrössert sich die ausgetretene Blase und wird zuletzt zu einer selbständigen kugeligen Keimzelle, welche am Scheitel der Dauerspore aufsitzt und das Plasma derselben vollständig in sich aufnimmt; in letzterem wird der grosse Oeltropfen, der offenbar als Reservenahrung diente, allmählich immer kleiner und verschwindet zuletzt ganz, so dass der Inhalt der ausgetretenen Keimzelle ein blasses, gleichartiges Plasma darstellt, welches von dem körnigen der Dauerspore sehr verschieden ist; ein Zellkern wurde von mir in der Keimzelle oft wahrgenommen. Die aus der Spore ausgetretene Keimzelle wächst nun weiter und nimmt dadurch eine längliche, mitunter schlauchförmige Gestalt an (Taf. V. Fig. 8, 9), sie ist oft an ihrer Basis kolbenartig erweitert, ihr Protoplasma ist feinkörnig, oder auch manchmal hyalinisch und dann von leiterartig aufeinanderfolgenden Querwänden durchsetzt, welche hier und da kleine Oeltropfen enthalten. Nachdem die Keimzelle sich mehr oder weniger vergrössert hat, wird sie unmittelbar zum Zoosporangium, welches sich von den gewöhnlichen, schon früher geschilderten nur dadurch unterscheidet, dass sie nicht wie diese auf einer Wurzelzelle aufsitzt. In ihrem Protoplasma entstehen zahlreiche Schwärmsporenkerne und in der Folge auch Schwärmsporen selbst, treten durch eine an der Spitze der Keimzelle entstandene Oeffnung heraus und bilden durch Schleim verbunden eine kugelige Masse, welche sich durch den Zufluss von neuen Schwärmsporen vergrössert (Fig. 10), durch Wassereinsaugung ausserordentlich aufschwillt und zu einer grossen unregelmässigen Figur auseinanderfliesst (Fig. 11). Im Schleime verhalten sich die Schwärmsporen fortwährend ruhig oder werden passiv mit dem Strome des Schleimes fortgezogen. Endlich lassen einige von ihnen eine schwache Bewegung im Schleime erkennen, entfernen sich aber erst dann, wenn sie mit dem Wasser in Berührung kommen (Fig. 12). Von diesem Zeitpunkte beginnt ein allgemeines Wegschwimmen der Schwärmsporen aus der Schleimmasse. Ein kleiner Theil von ihnen bleibt jedoch unbeweglich im

Innern der geöffneten Keimzelle. Die Schwärmsporen unterscheiden sich weder im Bau, noch in der Bewegung von den in den früher beschriebenen Zoosporangien entwickelten und bilden gleichfalls neue *Rhizidien*.

IV. Cladochytrium, nov. gen.

Die Zoosporangien dieser Gattung entstehen entweder intercalar aus den *Protomyces*ähnlichen Anschwellungen eines in der Nährpflanze wuchernden einzelligen Mycelium, von welchem sie sich durch Querwände abtrennen, oder terminal am Ende einzelner Mycelfäden. Die Zoosporangien entleeren sich entweder durch das Oeffnen eines sehr verschieden langen Halses, oder sie sind mit Deckel versehen. Es kommt hier auch die Bildung von secundären Zoosporangien vor; sie entstehen entweder reihenförmig nebeneinander oder in älteren, schon entleerten Zoosporangien.

1. *Cladochytrium tenue*, nov. spec., Taf. VI. Fig. 6—13. Diese Art habe ich im Herbst 1875 im Gewebe von *Acorus Calamus* und *Iris Pseudacorus*, in der letzteren Pflanze auch Anfang April 1876 in vorjährigen Exemplaren gefunden. Auch im Gewebe von *Glyceria spectabilis*, welche Monate lang im Wasser in demselben Gefässe mit obigen Pflanzen zusammenfaulte, habe ich dieses *Cladochytrium* angetroffen. Das Mycel besteht aus dünnen, zarten, farbloses Protoplasma enthaltenden ungegliederten Mycelfäden, welche sich im Zellgewebe der Nährpflanze und zwar innerhalb der Zellen in kleineren oder grösseren Abständen nach allen Richtungen verzweigen, die Wände der Zellen durchbohren und im Innern derselben spindelförmige *Protomyces*ähnliche Anschwellungen bilden (Fig. 6, 8, 9). Die zarten Mycelfäden, welche die Nährzellen meist in geringer Zahl durchziehen, haben nur 1—2 Mikr. im Durchmesser; sie gleichen Pseudopodien oder Protoplasmafäden, und zeigen oft nur eine einzige spindel oder kugelförmige Anschwellung in jeder Zelle, in anderen Zellen bilden sich die letzteren in grösserer Zahl. Die Anschwellungen haben zarte Membran und homogenen später körnigen Protoplasmainhalt, in welchem ich im Winter einen grossen oder mehrere kleine Oeltropfen wahrnahm. Durch eine Querscheidewand theilen sich oftmals die Anschwellungen in zwei gleiche Hälften, von denen jedoch die eine inhaltslos wird, während in der anderen das Protoplasma sich vermehrt, auch die Grösse zunimmt (Fig. 6, 7). Aus diesen protoplasmareichen Hälften der primären Anschwellungen gehen die Zoosporangien hervor, indem sie sich noch sehr bedeutend vergrössern, eine kugelige Gestalt annehmen und mit dichtem Proto-

plasma füllen; die andere inhaltlose Hälfte sitzt in der Regel als ein kleiner blasenartiger Anhang des Zoosporangium an der Spitze des Tragfadens. Einigemal sah ich Dreitheilung der Anschwellung.

Die Zoosporangien zeigen übrigens verschiedene Grösse, ich bestimmte ihren Querdurchmesser im Mittel auf 18 Mikr.; in der Regel nehmen sie daher nur einen Theil ihrer Nährzelle ein, mitunter füllen sie jedoch dieselbe ganz und gar aus; in einzelnen Zellen von *Iris Pseudacorus* fand ich solche riesige Zoosporangien von 66 Mikr. und darüber., Zuletzt verlängern sich die Zoosporangien in einen schnabelartigen Hals oder in eine längere Röhre, welche das Sporangium oft um das Doppelte übertrifft und am Ende ein wenig eingebogen oder in der ganzen Länge wellenförmig gekrümmt ist. Das Ende des Halses durchbricht die Wand der Nährzelle, und dringt entweder nach aussen ins Wasser, oder tritt auch in eine benachbarte Parenchymzelle hinein; mitunter entwickelt ein Zoosporangium mehrere Hälse. Wenn auf einem von dem Mycel des *Cladochytrium* durchzogenen Pflanzenstengel die Kugeln einer *Chaetophora* aufsitzen, so dringen die Mycelfäden auch in den Schleim der Gallertalge ein und bilden im letzteren Zoosporangien (Fig. 12, 13). Auch tritt das Mycel durch das Zellgewebe oft an die Oberfläche der Blätter und bildet hier ebenfalls kuglige Anschwellungen und später Zoosporangien (Fig. 8, 9).

Im Protoplasma der Zoosporangien entstehen nun, wie gewöhnlich, stark lichtbrechende Kerne und hierauf um diese die kugligen Schwärmsporen selbst, welche 5 Mikr. im Durchmesser, eine Cilie und einen excentrischen Kern besitzen. Sie treten durch Schleim verbunden in einer kugeligen Masse aus einer am Ende des Halses entstandenen Oeffnung hervor; einige bleiben längere Zeit im Zoosporangium zurück und verlassen es später einzeln (Fig. 10). Während des Austritts nehmen die Zoosporen sammt ihrem Kerne mitunter eckige Gestalt an; beim Schwärmen jedoch werden dieselben kuglig, zeigen aber auch amoeboide Bewegungen und Gestaltveränderungen. Bei der Keimung nimmt die Spore immer Kugelgestalt an, der Kern liegt excentrisch am Rande, an einem anderen Punkte des Randes bricht ein überaus feiner Keimfaden hervor, der sich in ein paar Tagen bedeutend verlängert und zarte Aeste ausschickt, oder es treten gleichzeitig an zwei Stellen der gekeimten Zoospore solche Fäden hervor, die sich unregelmässig verzweigen. An einzelnen Stellen der Keimfäden bilden sich schon sehr früh die charakteristischen Anschwellungen, aus denen später die Zoosporangien hervorgehen (Fig. 11 a. b. c.). Während der

Keimung wird der ölartige Zellkern allmählich resorbirt und ein klares Protoplasma bildet den Inhalt der gekeimten Spore. Die Keimung geht auf der Oberfläche der Nährpflanze oder im Innern ihrer Zellen vor sich, je nachdem der Hals des Zoosporangiums nach aussen oder in eine Nachbarzelle gedrungen ist.

In der Regel entsteht, wie schon bemerkt, das Zoosporangium aus der einen protoplasmareichen Hälfte einer Anschwellung des Mycels, während die andere Hälfte inhaltleer bleibt; sehr häufig jedoch entwickeln sich auch ungetheilte Anschwellungen ohne Weiteres zu Zoosporangien, so dass die Theilung keine nothwendige Bedingung der Fortpflanzung ist; andererseits können auch beide Hälften einer getheilten Anschwellung zu Zoosporangien werden; in diesem Falle geht die Ausbildung der beiden Hälften nicht immer gleichzeitig vor sich. Bei einem *Cladochytrium*, das seine Zoosporangien im Schleime einer auf *Acorus Calamus* sitzenden *Chaetophora elegans* entwickelt hatte, fand ich zwei und sogar drei zu einer Reihe mit einander verwachsene Zoosporangien, von denen das obere leer war, das nächstfolgende Protoplasma enthielt, worin schon Schwärmsporenkerne erkennbar waren, und das dritte, welches sich augenscheinlich zuletzt gebildet hatte, nur aus einer dünnen Wand und gleichartigem Protoplasma bestand (Fig. 12). Die zwei ersteren Zoosporangien hatten kurze, schnabelartige Hälse, die Mündung der letzteren aber lief in eine längere Röhre aus. Dieses Zoosporangium stand in Verbindung mit einem Mycelfaden, welcher sich zwischen den Aesten der *Chaetophora* verlor. Nach Verlauf von mehr als 24 Stunden traten aus dem zweiten Zoosporangium Schwärmsporen heraus und hierauf schwärmte auch das dritte vollständig aus.

Bei *Cladochytrium tenue* habe ich auch die Entwickelung von secundären Zoosporangien in ähnlicher Weise beobachtet, wie dies de Bary bei *Saprolegniaceen* beschrieben hat[1]. Im Innern entleerter Zoosporangien fand ich kugelartige, mit Protoplasma erfüllte und von dünner Wand umgebene Anschwellungen, welche die Höhlung nur theilweise ausfüllten und offenbar durch Hineinwachsen des durch eine Scheidewand abgegrenzten Mycelfaden in das leere Zoosporangium entstanden waren (Fig. 13b). In einem Exemplare, welches ich längere Zeit auf dem Objectträger liegen liess, entwickelte sich nach Verlauf von ungefähr zwei Tagen aus einer solchen kugelartigen Anschwellung ein kurzer Mycelfaden, welcher die Wand des leeren Zoosporangiums durchbrach und sich in zwei lange Aeste

[1]) Pringsheims Jahrbücher f. wiss. Botanik. II. Band 1860 p. 155.

verzweigte; ein Ausschwärmen von Zoosporen fand jedoch hier nicht statt. Auch in anderen Fällen habe ich das Hervorsprossen von dünnen Mycelfäden aus dem Zoosporangium beobachtet.

Unser *Cladochytrium tenue* ist offenbar nächst verwandt mit dem von de Bary in den Blättern und Blattstielen von *Menyanthes trifoliata* entdeckten, als *Protomyces Menyanthis* bezeichneten Parasiten[1]; insbesondere zeigt das Mycel mit seinen dünnen ungetheilten Fäden und den meist zweitheiligen Anschwellungen die grösste Uebereinstimmung in Form und Vorkommen. De Bary beobachtete allerdings Dauersporen, welche ich selbst nicht mit Sicherheit nachweisen konnte, während ihm die Entwickelung der Zoosporangien unbekannt blieb; die letztere ist jedoch ausreichend, um unseren Organismus von der Gattung *Protomyces* zu trennen und in die Familie der *Chytridiaceen* einzureihen. *Cladochytrium* scheint demnach auf eine bisher nicht berücksichtigte Verwandtschaft zwischen *Chytridiaceen* und *Protomyceten* hinzuweisen.

2. *Cladochytrium elegans,* nov. spec. Taf. VI. Fig. 14—17. Diese Art habe ich im Schleime von *Chaetophora elegans* sehr selten gefunden, wahrscheinlich deshalb, weil der eigentliche Ort ihrer Entwickelung andere Pflanzen sind, auf deren Oberfläche die *Chaetophora* zufällig vegetirte.

Das Mycel besteht aus einzelligen Fäden, die ähnlich wie bei der vorigen Art sich verzweigen und mit zartem wenigkörnigem Protoplasma erfüllt sind. Die Mycelfäden sind stärker als die von *Clad. tenue,* etwa 2,5—5 Mikr. dick, bilden aber wie dieses in gewissen Abständen mehr oder weniger bedeutende mit Plasma erfüllte spindelförmige oder unregelmässige Anschwellungen, die an *Protomyces* erinnern. Die Zoosporangien habe ich nur endständig oder nahe der Spitze einzelner Myceläste angetroffen, welche mehr oder weniger kugelig anschwellen, mit Plasma sich füllen und durch eine Scheidewand abgliedern; sie sind grösser als die der vorherbeschriebenen Art; ich bestimmte den Querdurchmesser zwischen 22—37 Mikr., im Mittel = 27 Mikr., sie sind von kugeliger, ovaler oder eiförmiger Gestalt; in entwickeltem Zustande besitzen sie an der Spitze einen schwach gewölbten Deckel (Taf. VI. Fig. 14, 15).

Die Schwärmsporen, welche auf gewöhnliche Art um Kerne sich bilden und nach dem Abfall des Deckels das Zoosporangium verlassen, bleiben eine zeitlang vor dessen Oeffnung, wahrscheinlich in

---

[1]) Dr. A. de Bary, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. Frankfurt a. M. 1864. p. 25. Taf. II. Fig. 1—7.

dem sie umgebenden Schleime, ruhig liegen; sie verändern durch amoebenartige Bewegungen ihre Gestalt und schwimmen dann alsbald auseinander (Fig. 16). Sie besitzen einen ziemlich grossen stark lichtbrechenden Kern und eine lange deutliche Cilie; sie sind ebenfalls kugelig, jedoch bei weitem grösser als die von *Clad. tenue,* 7,5 Mikr. im Durchmesser.

Nach der Entleerung des Zoosporangiums wölbt sich oft die dasselbe von seinem Tragfaden trennende Scheidewand in das Innere hinein, und erhebt sich in seiner Höhlung zu einem neuen secundären Zoosporangium, welches jedoch weit enger bleibt und die Höhlung des primären nicht ausfüllt, sondern eine schlauchartige nach oben verjüngte Gestalt annimmt. Der Scheitel des secundären Zoosporangiums ragt etwas durch die Oeffnung des primären hervor (Fig. 17) oder endigt im Innern desselben. Er ist an seiner Spitze rund gewölbt und bildet bei der Reife des Zoosporangiums ebenfalls einen Deckel; die Bildung und Entleerung der Schwärmsporen geht ganz so wie in den primären vor sich.

Manchmal entstehen in dem Protoplasma des secundären Zoosporangiums vor der Bildung der Schwärmsporen zahlreiche Vacuolen und die Protoplasmamasse nimmt hernach einen netzartigen Bau an. In diesem Falle befinden sich in den dünnen Wänden des Protoplasmas, welches die runden Räume des Netzgebildes umgiebt, einzelne stark lichtbrechende Körner. Diese Art erinnert in der äusserlichen Gestalt ihrer Zoosporangien an die Sorokinschen Gattungen *Zygochytrium* und *Tetrachytrium* [1]), ist aber von denselben vollständig verschieden durch die Entwickelungsweise der Schwärmsporen, die Gestalt der Deckel und das Vorhandensein des Mycels. Auffallend ist, dass von zwei einander so nahe stehenden Arten, wie unser *Cladochytrium tenue* und *elegans,* das eine seine Zoosporangien durch eine Oeffnung am Schnabel, das Andere durch Abwerfen eines Deckels austreten lässt.

Breslau, April 1876.

---

[1]) l. c.

Figuren - Erklärung.

(Alle Figuren sind mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet.)

Tafel IV.

Chytridium destruens p. 75 (vergr. 400).

Fig. 1. a. Eine vom Parasiten ergriffene *Chaetonema*-Zelle. Im Innern des *Chytridium* drei braune Klümpchen von einer Vacuole umgeben.
b. Schwärmsporen das Zoosporangium verlassend.
c. Das entleerte Zoosporangium mit gelb gefärbten Wänden und einem braunen Klümpchen.

Chytridium gregarium p. 77 (vergr. 400).

Fig. 2. Mehrere in dem Ei eines Rotatorium entwickelte Zoosporangien, in verschiedenen Entwickelungszuständen.
a. Mit Schleim umgebene, aus dem Zoosporangium hervorgegangene Schwärmsporenmasse.
b. Schwärmsporen.

Chytridium macrosporum p. 79 (vergr. 400).

Fig. 3. Ein Zoosporangium in dem Ei eines Rotatorium entwickelt. Beginn der Schwärmsporenbildung.

Fig. 4. Desgl. Schwärmsporen, das Zoosporangium verlassend;
a. Membran desselben von der Eihaut gesondert.

Chytridium Coleochaetes p. 80 (vergr. 400).

Fig. 5—7. Entwickelung junger *Chytridien* im Oogonium der *Coleochaete pulvinata;* 5. Parasit, noch im Oogoniumhals, 6. über denselben hervortretend, 7. ausgewachsen; von der Oosphaere bleibt nur ein braunes Klümpchen übrig.

Fig. 8. Zoosporangium mit heraustretenden Schwärmsporen a.

Fig. 9. Zwei aus einem Oogonium heraustretende entleerte Zoosporangien.

Fig. 10. Vier noch nicht vollständig entwickelte aus einem Oogonium heraustretende Zoosporangien.

Chytridium microsporum p. 81.

Fig. 11. (Vergr. 400.) Ein Zoosporangium auf *Mastigothrix aeruginea* sitzend, aus ihm treten Schwärmsporen heraus; ein Theil der letzteren bleibt schwärmend noch einige Zeit im Zoosporangium zurück.

Fig. 11 a. (Vergr. 850.) Schwärmsporen.

Chytridium Epithemiae p. 82.

Fig. 12. (Vergr. 850.) Ein Zoosporangium mit Schwärmsporenkernen auf der Schale von *Epithemia Zebra* sitzend.

Fig. 13. (Vergr. 620.) Ein entleertes Zoosporangium mit zwei Deckeln, der terminale festsitzend, der seitliche abgehoben.

Chytridium Mastigotrichis p. 83.

(Vergr. von Fig. 15 und 21 620; der übrigen 400.)

Fig. 14. Ein junges *Chytridium*, auf dem oberen Theile eines *Mastigothrix*-fadens sitzend.

Fig. 15. Von dem auf einem *Mastigothrix*faden angewachsenen Zoosporangium gehen fadenförmige Haustorien aus, von denen eines in einen benachbarten Faden derselben Alge eingedrungen ist.

Fig. 16. Ein Zoosporangium mit langem Hals an zwei *Mastigothrix*fäden angewachsen. Aus der Oberfläche des Zoosporangiums erheben sich kleine Ausstülpungen.

Fig. 17. Die Zoosporenmasse beginnt durch Auflösung der Zoosporangiumwand am Scheitel einer Papille herauszutreten.

Fig. 18—19. Das nämliche Zoosporangium; die Schwärmsporenmasse mehr und mehr herausgetreten.

Fig. 20. Schwärmsporen, vom Schleim sich befreiend und davoneilend.

Fig. 21. Schwärmsporen.

a. b. c. Schwärmsporen, deren äussere hyaline Hülle amoebenartig ihre Gestalt verändert.

Tafel V.

Obelidium mucronatum p. 86 (vergr. 620).

Fig. 1. Reifes Zoosporangium; vor der seitlichen Oeffnung desselben ist ein Theil seiner Schwärmsporen herausgetreten und bleibt von Schleim umgeben ruhig liegen. Das Mycel, aus dessen Mitte das Zoosporangium sich mit seinem Stachel und verdicktem Fuss erhebt, ist hier wie in Fig. 3 und 4 an seiner Peripherie abgeschnitten.

Fig. 2. Ein entleertes Zoosporangium mit vollständig gezeichnetem Mycel.

Fig. 3. Ein fast stielloses Zoosporangium mit Schwärmsporenkernen.

Fig. 4. Ein noch nicht reifes Zoosporangium mit schon verdickten Stielwänden.

Fig. 4. a. Ein junges Zoosporangium, an dessen Basis ein einziger Mycelfaden sitzt, der sich bald in drei Hauptäste theilt.

Fig. 5. Ein noch sehr junges Zoosporangium mit wenig entwickeltem Mycelium.

Rhizidium mycophilum A. Br. p. 87.

Keimung der Dauersporen.

(Fig. 6 und 8 sind 620, die übrigen 400 Mal vergr.)

Fig. 6. Aus einer nicht mit Haaren bedeckten, einen grossen Oeltropfen enthaltenden Dauerspore wächst die Keimzelle hervor.

Fig. 7. Die Keimzelle auf einer mit Haaren bedeckten Dauerspore ist grösser geworden.
Fig. 8. Ausgewachsene schlauchartige Keimzelle auf der entleerten Dauerspore aufsitzend.
Fig. 9. Eine kleine Keimzelle, Schwärmsporenkerne enthaltend.
Fig. 10. Aus der Keimzelle treten durch eine an ihrer Spitze entstandene Oeffnung die mit Schleim zu einer kugligen Masse verbundenen Schwärmsporen heraus.
Fig. 11. Die Schwärmsporenkugel beginnt zu zerfliessen.
Fig. 12. Die Schwärmsporen schwimmen aus dem sie umgebenden Schleime, welcher in eine unregelmässige Figur zerflossen ist, auseinander.

Tafel VI.

Rhizidium mycophilum A. Br.
Entwickelung der Zoosporangien.
(Fig. 4 ist 620, die übrigen 400 Mal vergr.)

Fig. 1. Zoosporangien in eine Papille auslaufend und Schwärmsporenkerne enthaltend.
Fig. 2. Dasselbe Zoosporangium mit herausgetretenen Schwärmsporen, welche mit Schleim umgeben eine kuglige Masse vor seiner Oeffnung bilden; ein Theil der Zoosporen ist noch im Innern des Zoosporangiums zurückgeblieben.
Fig. 3. Aus der unregelmässig zerflossenen Schleimkugel schwimmen die Schwärmsporen auseinander.
Fig. 4. Schwärmsporen, zu neuen *Rhizidien* keimend, a. einfacher Keimfaden, b. Anschwellung an der Basis des späteren Zoosporangiums, c. d. desgl. junge Wurzelzellen weiter verzweigt.
Fig. 5. Ein ziemlich junges *Rhizidium* mit getheilter Wurzelzelle und mit einem Zellkern in seiner Zoosporangiumzelle a.

Cladochytrium tenue p. 92.

Fig. 6. (Vergr. 400.) Längsschnitt aus dem Zellgewebe von *Acorus Calamus;* die verzweigten Mycelfäden des *Cladochytrium* dringen durch die Wände der Zellen und bilden im Innern derselben Anschwellungen, welche sich sehr oft quertheilen. Aus je zwei dadurch entstandenen Hälften entwickelt sich gewöhnlich nur die eine zum Zoosporangium, während in der zweiten der Inhalt allmählich verschwindet. Das Protoplasma der Anschwellungen enthält Oeltropfen.
Fig. 7. (Vergr. 850.) In einer quergetheilten Anschwellung im Innern einer *Acorus*zelle ist die eine Hälfte, einen grossen Oeltropfen enthaltend, bei weitem grösser geworden als die zweite mit klarem Zellinhalt.
Fig. 8. (Vergr. 400.) Das Mycel ist aus dem Zellgewebe von *Iris Pseudoacorus* an dessen Oberfläche nach aussen gewachsen und bildet zahlreiche spindelförmige, später kuglige Anschwellungen, aus denen Zoosporangien entstehen.
Fig. 9. (Vergr. 600.) Mycel von demselben Präparat, stärker vergrössert, mit einem schon entwickelten Zoosporangium a.

Fig. 10. (Vergr. 400.) Schnitt aus dem Zellgewebe von *Iris Pseudoacorus*. In einer Zelle findet sich ein reifes Zoosporangium a., aus dessen Oeffnung die vom Schleim umgebene Schwärmsporenmasse herausgetreten und die Zoosporen sich im Wasser zu zerstreuen beginnen. Ihre Kerne zeigen eckige Umrisse. b. Ein entleertes Zoosporangium, dessen langer Hals die Nährpflanze durchbohrt hat; der Mycelfaden an der Basis blasenartig angeschwollen. (Vergl. Fig. 7.)

Fig. 11. (Vergr. 400.) Keimende Schwärmsporen; a. kurzer Keimfaden mit mehreren Aestchen; b. längerer an der Spitze verzweigter Keimfaden; c. Keimfaden, der an der Basis einen Hauptast getrieben; d. Spore, die zwei Keimfäden entwickelt, von denen einer schon eine spindelförmige Anschwellung zeigt; e. weitere Entwickelung von c.

Fig. 12. (Vergr. 400.) Drei Zoosporangien von *Cladochytrium tenue* verschiedenen Alters, die sich aus einem Mycelfaden d. im Schleime von *Chaetophora elegans* hintereinander entwickelt haben; das obere a. ist leer, das zweite b. enthält Schwärmsporenkerne, das jüngste c. mit langem Hals.

Fig. 13. (Vergr. 400.) Im Schleime von *Chaetophora elegans* entwickelte und hiernach entleerte Zoosporangien auf einem verzweigten Mycelfaden; aus der Wand des einen a. geht ein Mycelfaden hervor, im Innern des zweiten b. dagegen entwickelt sich ein secundäres Zoosporangium.

Cladochytrium elegans p. 95 (vergr. 400).

Fig. 14. Ein noch nicht reifes, vom Mycel noch nicht durch eine Scheidewand abgetrenntes Zoosporangium a.; an seinem Scheitel erhebt sich ein Deckel. Aus der Zoosporangiumwand geht ein verzweigter Mycelfaden hervor.

Fig. 15. Ein verzweigter Mycelfaden, zwei Zoosporangien mit ihren Deckeln tragend; das eine a. Schwärmsporen enthaltend, im Innern des zweiten entleerten sitzt ein secundäres Zoosporangium, ebenfalls entleert.

Fig. 16. Schwärmsporen; einige derselben a a. zeigen amoebenartige Bewegungen.

Fig. 17. Ein secundäres Zoosporangium mit Schwärmsporen im Innern eines entleerten.

Bemerkungen über die Organisation einiger Schwärmzellen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

1. In dem Aufsatze über „Zelle und Zellkern", mit welchem Auerbach dieses Heft unserer Beitrage eröffnet, spricht derselbe folgende Bemerkungen aus:

„Man wird zugeben, dass die Bezeichnung Zelle, Kern, Nucleolus heut nicht mehr in einem ganz allgemeinen, blos ganz formalen Sinne gebraucht werden darf, dass man nicht mehr, wie in der Kindheit der mikroskopischen Anatomie jedes beliebige Bläschen als eine Zelle, jeden festen Innenkörper derselben als Kern ansehen und gelegentlich etwa, wie das wohl vorgekommen ist, sagen darf, ein Amylumkorn oder ein Chlorophyllkorn vertrete die Stelle des Zellkerns, dass vielmehr jene Worte Ausdruck sein müssen für typische Substrate und Organe des Lebens, deren jedes hinsichtlich seiner Substanz, Anlage und Bestimmung ursprünglich identisch ist, so sehr sich auch im Laufe der Entwickelung Metamorphosen einstellen mögen [1])."

Diese beherzigenswerthe Stelle veranlasste mich, das erste günstige Object, welches mir zur Prüfung der hier angeregten Frage geeignet erschien, einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen.

2. *Grünes Wasser in Hyacinthengläsern.* Im verflossenen Winter cultivirte ich für einen physiologischen Versuch zehn aus Erfurt bezogene Hyacinthenzwiebeln nach bekannter Methode in conischen farblosen Gläsern; die Zwiebeln waren Ende October 1875 auf die Oeffnung der Gläser gelegt worden, welche mit filtrirtem Oderwasser aus der städtischen Wasserleitung bis nahe an den

---

[1]) l. c. p. 5.

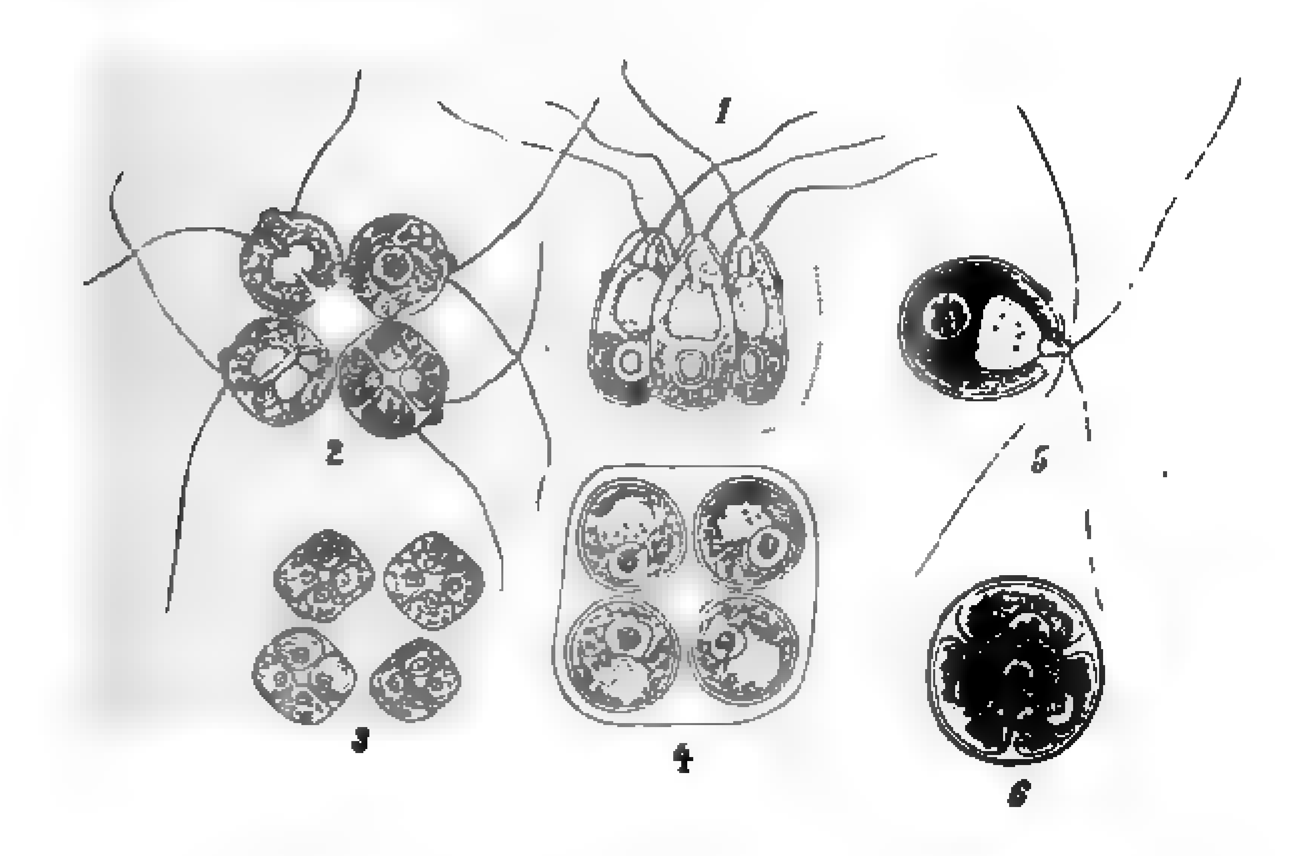
Zwiebelboden angefüllt und sodann in die Nähe eines Fensters gestellt wurden. Ende Januar 1876 färbte sich das Wasser in sämmtlichen Gläsern grün, in Folge unendlicher Vermehrung eines *Gonium*; zwei andere ähnliche Gläser, mit dem nämlichen Wasser angefüllt, in deren einem eine Zwiebel von *Allium Cepa* cultivirt, im anderen blos die Oeffnung lose bedeckt wurde, blieben vollständig klar, und es entwickelten sich in ihnen den ganzen Winter hindurch keine grünen Algen. Offenbar waren Dauersporen des *Gonium* in dem früheren Mutterboden der Hyacinthen, von dem kleine Bröckchen an den Zwiebeln hafteten und allmählich in das Wasser hineinfielen, aber nicht im Wasser selbst enthalten gewesen; denn sonst wäre nicht abzusehen, weshalb ausschliesslich in sämmtlichen Hyacinthengläsern, nicht aber in den beiden anderen die *Gonien* sich eingefunden hatten.

Die grüne Färbung nahm, insbesondere an sonnigen Tagen, an Intensität zu; es bildete sich an der ganzen Oberfläche des Wassers, namentlich am Rande, ein grüner Schleim; bei einseitiger Beleuchtung färbte sich die ganze, dem Fenster zugekehrte Seite der Gläser tief grün; auch die Hyacinthenwurzeln wurden mit grünem Schleim überzogen und am Boden der Gläser häufte sich ein grüner Niederschlag an; um reineres Material zu erhalten, wurde das grüne Wasser auch in Gefässen ohne Hyacinthen weiter cultivirt. Mitte Februar hörte allmählich die Vermehrung der beweglichen *Gonien* auf, und es fanden sich seitdem nur ruhende Formen am Boden und an den Wänden der Gläser, während das Wasser sich fast völlig klärte.

Eigentlich waren es verschiedene Arten von *Volvocineen,* welche in dem grünen Wasser schwärmten, deren Dauersporen offenbar im Mutterboden der Hyacinthen enthalten gewesen waren. Ausser zahllosen, linear oblongen grünen, Schwärmzellen, deren Entwickelungsgeschichte nicht vollständig ermittelt wurde, fand ich vereinzelte *Pandorina Morum,* so wie eine *Chlamydomonas,* deren Schwärmer den einzelligen Zuständen der *Gonien* zum Verwechseln ähnlich, gleichwohl der genaueren Untersuchung charakteristische Unterscheidungsmerkmale boten. (Siehe umstehenden Holzschnitt Fig. 5, 6.) Das auch sonst beobachtete gesellige Zusammenvorkommen verschiedener *Volvocineen,* in Verbindung mit der scheinbaren Identität mancher Arten in gewissen Zuständen erschwert allerdings in nicht geringem Masse die zuverlässige Feststellung ihrer Entwickelungsgeschichte. Uebrigens blieben in unseren Hyacinthengläsern die fremden Arten stets in geringer Zahl, während *Gonium* im Kampf

um's Dasein über sie die Oberhand gewann und die verwandten Mitbewerber nicht aufkommen liess.

Von *Gonium* aber fanden sich zwei Formen, das gewöhnliche 16zellige *Gonium pectorale* Ehrb., welches jedoch nur vereinzelt auftrat, und ein zweites vierzelliges, das die ungeheure Mehrzahl bildete. Prof. Alexander Braun in Berlin, den ich wegen der vierzelligen Form anfragte, theilte mir mit, dass er dieselbe schon 1847 in einer Sandgrube bei Freiburg i. B. constant gefunden, und in seinen Papieren als *Gonium Tetras* bezeichnet habe; auch Warming habe dasselbe bei Kopenhagen beobachtet; ich werde in Folge dessen unser vierzelliges *Gonium* als *Gonium Tetras*, A. Br. in litt. (*Gonium, familiis quaternariis*) aufführen (Fig. 1—4).



3. *Gonium Tetras.* — Die Zellfamilien von *Gonium Tetras* sind, wie bei *G. pectorale*, tafelförmig in einer Ebene geordnet, indem vier grüne Zellen wie die Arme eines Kreuzes oder die Flügel einer Windmühle um einen centralen, im Querschnitt quadratischen Intercellularraum liegen. In der Aequatorial-Ansicht, senkrecht auf die Rotationsachse, erscheint daher der Umriss der Zellfamilie nahezu als Quadrat mit stark abgerundeten Ecken (Fig. 2, 4), der quadratische Intercellularraum in der Mitte ist diagonal gegen das Quadrat des äusseren Umrisses gestellt; die vier grünen Zellen nehmen jede eine Seite des Intercellularquadrats ein; ihre gewölbten Aussenflächen füllen die Ecken des Aussenquadrats. Jede Zellfamilie ist von einer sehr schwer sichtbaren, zusammengedrückt sphäroidalen Gallerthülle

umgeben, deren Lichtbrechungsvermögen von dem des Wassers sich nur wenig unterscheidet; sie erscheint daher am deutlichsten, wenn sich im Wasser viele *Bacterien* entwickelt haben, denn diese häufen sich gern um die Schleimhüllen an und umgeben die Zellfamilie in einem gewissen Abstande wie eine strahlige Wolke, indem sie zugleich mit ihr, wie eine Atmosphäre rotiren; auch durch Zusatz von feinen Karminpartikeln wird die Hülle meist sichtbar; nicht minder macht sie sich durch die Unbeweglichkeit der innerhalb der Gallert steckenden Geisselstücke, im Gegensatz zur Flexibilität der frei im Wasser wirbelnden Enden geltend (Fig. 1). In manchen Zuständen, namentlich wenn die *Gonien* unbeweglich im grünen Schleimüberzug der Glaswände dicht gedrängt an einander gelagert sind, erkennt man die Gallerthülle ohne weiteres in scharfer Begrenzung (Fig. 4); anscheinend ist ihre Consistenz und die Erhärtung ihrer Oberfläche nicht immer die nämliche.

Die vier zu einer Familie verbundenen grünen Zellen sind von eirunder Gestalt und besitzen ein hinteres, breiteres, stumpf abgerundetes und ein vorderes, schmäleres, in ein farbloses spitzes Schnäbelchen sich verjüngendes Ende, an dessen Scheitel das sehr lange Geisselpaar entspringt. Bei ruhenden Familien bewegen sich die Geisseln so langsam, wie ein Paar lässig ausgeworfene Angelschnüre; bei rascher Bewegung sind sie kaum zu unterscheiden; sie sind mindestens doppelt so lang wie die Zellen selbst. Da die Zellen den centralen Intercellularraum mit nahezu ebenen Flächen begrenzen, so lassen sie auch eine ebene, nach innen gewendete Bauch- und eine nach aussen convexe Rückenfläche unterscheiden; auf der letzteren, näher dem spitzen Scheitel, springt ein scharlachrothes Kornchen, das sogenannte Augenkörperchen, vor (Fig. 1, 2). Jede Zelle berührt sich mit ihren beiden Nachbarn seitlich an je einem Punkte; die Scheitel aller vier zu einer Familie gehörigen Zellen sind gleich gerichtet; die Rotationsachse der Gesammt-Familie geht von vorn nach hinten durch den Pol der Scheitelfläche; dieser geht wie gewöhnlich bei Ortsbewegungen voran. Liegt die Rotationsachse einer Familie parallel dem Gesichtsfeld (Meridiansicht Fig. 1), so erblickt man meist nur 2 - 3 Zellen von deutlich eirundem Umriss; steht sie senkrecht auf dem Gesichtsfeld (Aequatorialansicht[1]), so erscheinen alle

---

[1]) Ich habe die Bezeichnung Aequatorialansicht hier in anderem Sinne gebraucht, als in meinem Aufsatz „Ueber eine neue Gattung aus der Familie der *Volvocineen.*" (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie von Siebold und Koelliker Band IV. Heft I. p 77—116.)

vier von nahezu kreisrundem Umriss um den quadratischen Intercellularraum im Centrum geordnet (Fig. 2).

Die Grösse der Zellen ist sehr verschieden, je nachdem sie eben aus der Theilung hervorgegangen, oder selbst sich zu theilen im Begriff stehen; der Querdurchmesser variirt von 5—12 Mik., der Längsdurchmesser ist um $^1/_4$ grösser.

4. *Innere Organisation der Schwärmzellen.* Der innere Bau der Zellen lässt zunächst eine starre farblose, einfach contourirte Zellhaut erkennen, welche die äussere Begrenzung jeder Zelle innerhalb der gemeinschaftlichen Gallerthülle bildet und besonders deutlich wird, wenn der Wassertropfen ohne Deckglas allmählich eindunstet und dem grünen Plasmakörper Wasser entzieht: indem dieser sich contrahirt, füllt er die Zellhöhle nicht völlig aus und lässt farblose Zwischenräume zwischen der Zellhaut frei. Namentlich an den Berührungspunkten der Nachbarzellen, welche in der Aequatorialansicht den Ecken des Intercellularquadrats entsprechen, bleiben die Plasmakörper am längsten in Verbindung. Diese sind schön smaragdgrün, feinkörnig; dicht unter dem Scheitel erkennt man in denselben die körner- und farblosen contractilen Vacuolen, zwei kleine kugelige Hohlräume, scharf abgegrenzt gegen das grüne körnige Protoplasma, deren in constanten Intervallen alternirende Pulsationen ich zuerst im Jahre 1853 bei *Gonium pectorale* genau studirt habe[1]. Unmittelbar unterhalb der contractilen Vacuolen umschliesst der Plasmakörper einen grossen wasserhellen, kugeligen oder trichterförmigen, excentrischen Hohlraum, den man allerdings in lebhaft grün gefärbten Zellen, insbesondere in der Aequatorialansicht, nicht immer deutlich wahrnimmt und den ich deshalb auch in meiner älteren Arbeit über *Gonium pectorale* übersehen habe. Durch Zufügung von Jodtinktur werden die feinen Körnchen des Protoplasma dunkelblau und erweisen sich dadurch als fast unmessbar kleine Stärkekörnchen, sie liegen dichter gehäuft nach dem breiteren Zellende, spärlicher gegen den spitzen Scheitel hin, der in Folge dieser Anordnung lichter grün erscheint; der excentrische Hohlraum ist völlig stärkefrei und tritt um so klarer in seiner scharfen Umgrenzung hervor (Fig. 1). Noch deutlicher wird diese Organisation in solchen Zellen, welche entweder abgestorben und allmählich durch das Licht entfärbt, oder bei denen durch Alcohol das Chlorophyll ausgezogen ist. Die feinen Stärkekörnchen liegen dann im farblosen Protoplasma,

---

[1]) Entwickelungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze. Nova Acta Ac. Car. Leop. XXIV. I. p. 193. 1853.

und können nun in ihrer gedrängteren Vertheilung nach dem stumpferen Ende hin, namentlich nach Jodzusatz, unterschieden werden, in Folge dessen der ungefärbte Hohlraum besonders scharf gegen die schwarzblaue Umhüllung contrastirt; auch die Zellmembran ist in den entfärbten Zellfamilien, die sich oft massenhaft im Bodensatz der Hyacinthengläser vorfanden, am deutlichsten.

5. *Amylumkern.* Durch die excentrische Lage des grossen Hohlraums wird der grüne Plasmakörper in zwei ungleiche Partieen getheilt; die vordere stärkearme Hälfte bildet nur eine mässig dicke Umhüllung des Hohlraums, und schliesst unmittelbar unter dem Scheitel die beiden contractilen Vacuolen ein; die hintere, stärkereichere, dem stumpfen Ende entsprechende Hälfte dagegen bildet eine dichte Plasma-Anhäufung und umgiebt einen grossen kugeligen, selten etwas unregelmässigen Körper, welcher die nächste Veranlassung zu dieser Untersuchung gegeben hat; in einer Zelle von 10 Mik. Durchmesser betrug seine Dicke 4 Mik.; ich werde denselben nach dem Vorgang von de Bary als Amylumkern bezeichnen[1]). Schon in meiner ersten *Gonium*arbeit[2]) habe ich bemerkt, dass man dieses Körperchen um so mehr für ein dem Zellkern entsprechendes Gebilde zu halten geneigt sein könne, da es in jeder der 16 Zellen des *Gonium pectorale* stets nur einfach vorkommt, bei jeder Theilung aber sich ebenfalls stets in entsprechender Zahl vervielfältigt; da jedoch ähnliche Körperchen bei *Stephanosphaera* zu zweien, bei *Chlamydococcus* zu drei bis vier in jeder Zelle sich vorfinden, und die Analogie mit den in den Zellen der *Closterien, Mougeotien, Spirogyren* und anderer Conferven vorhandenen grünen, Stärkehaltigen Kügelchen nicht zu verkennen sei, zog ich es vor, dieselben mit Naegeli[3]) als Chlorophyllbläschen zu bezeichnen, ohne über ihr Wesen und ihre Function eine Ansicht auszusprechen[4]).

In den Zellen unseres *Gonium Tetras* färbt Zusatz von Jod den Amylumkern dunkelblau bis zur Undurchsichtigkeit, und erweist demnach, dass er in der That amylumhaltig sei; gleichwohl lässt er sich nicht als ein einfaches Stärkekorn bezeichnen. Denn man erkennt an entfärbten Zellen ohne Weiteres, dass derselbe nicht, wie die gewöhnlichen Amylumkörnchen, solid, sondern im Innern hohl und nur von einer mässig dicken Stärkeschale umgeben ist. Zusatz von Essigsäure dagegen zeigt sofort, Gly-

[1]) De Bary, Untersuchungen über die Familie der *Conjugatae*. Leipzig 1858 p. 2.
[2]) l. c. p. 178.
[3]) Naegeli, Gattungen einzelliger Algen 1849 p. 11.
[4]) Cohn, l. c. p. 178.

cerin nach einiger Zeit ein centrales dichtes Kügelchen, welches von einer lichten, nach aussen scharf abgegrenzten Zone umschlossen ist; diese ist in ihrer Peripherie wieder von einer dichteren Substanz umgeben.

Wir haben hier offenbar eines jener Gebilde, auf welches sich die am Anfang dieses Aufsatzes citirten Bemerkungen von Auerbach beziehen: eine Hohlkugel von Stärkesubstanz, welche einen fremden Körper umschliesst, und durch ihr Vorkommen als constanter Einschluss des Protoplasma sich wie ein Zellkern verhält. Als solcher bewährt sie sich ganz besonders bei der Zelltheilung.

6. *Zelltheilung.* In der Regel gegen Abend bereiten sich die Zellen des *Gonium Tetras* zur Theilung vor (Fig. 2), indem sich der grüne Protoplasmakörper innerhalb seiner Zellhaut vom Rande aus in einer durch den Scheitel gelegten meridianen Ringfurche eingeschnürt; der Amylumkern verändert hierbei weder seinen Ort, noch wird er aufgelöst; vielmehr scheint seine Substanz sich zu beiden Seiten der Theilungsebene derart in zwei gleiche Hälften zu sondern, dass zwischen beiden eine farblose chlorophyll- und körnchenfreie Zone sich einschiebt, welche unmittelbar an die äussere Einschnürung des Plasmakörpers sich ansetzt, und diesen in zwei gleiche grüne, durch eine farblose Lamelle getrennte Hälften durchschneidet. Die Theilungsebene geht durch die Längsachse der Zelle und erscheint in der Aequatorialansicht meist diagonal gegen die Ecken des äusseren Quadrats der Gallerthülle und senkrecht auf die Seiten des inneren Intercellularquadrats gestellt. Unmittelbar darauf theilt sich jede Zellhälfte in gleicher Weise durch eine um 90° divergirende meridiane Ebene, welche den Amylumkern in 4 Quadranten durchschneidet, so dass jede der 4 Tochterzellen sofort einen kleinen Kern einschliesst. Die Tochterkerne sind anfangs sehr genähert, mit ebenen Flächen sich berührend, runden sich aber bald ab und wandern centrifugal in die Mittellinie der Tochterzellen, während auch die umhüllenden grünen Plasmakörper, die in Folge ihres excentrischen Hohlraumes in einem gewissen Theilungsmomente rinnenförmig offen sein müssen, sich rings um ihre Kerne schliessen. So kommt es, dass auch die jüngsten Zellfamilien vier Amylumkerne zeigen, die jedoch bis zum ausgewachsenen Zustande offenbar durch Intussusception noch bedeutend wachsen müssen.

In Bezug auf die Theilung habe ich noch nachzutragen, dass die Bewegung der Zellfamilien, welche Tag und Nacht ununterbrochen fortdauert, nur während dieses Vorgangs, und auch nicht völlig

zum Stillstand kommt; dass bei der Theilung die Stärke weder in den feinen Körnchen noch in der schalenartigen Umhüllung des Kerns verschwindet; dass schon in sehr frühem Stadium der Viertheilung während die Quadranten noch mit ebenen Flächen sich an den gekreuzten Trennungsebenen berühren, in der Mitte zwischen ihnen der charakteristische quadratische Intercellularraum auftritt (Fig. 2, 3); dass nicht in allen vier Zellen einer Familie die Theilung gleichzeitig beginnt und gleich schnell vorschreitet. Daher findet man in der nämlichen *Gonium*familie ungetheilte, zwei- und viertheilige Zellen; es kommt selbst vor, dass in einer Familie von 4 Zellen überhaupt nur 3, 2 oder gar blos eine in Theilung übergehen, während die übrigen ungetheilt bleiben; daher findet man vierzellige *Gonien*, wo nur eine Zelle zu einer Tochterfamilie sich ausgebildet hat, während die drei andern unverändert geblieben sind, oder wo zwei benachbarte oder diagonale Ecken des Quadrats von Tochterfamilien, die beiden andern von ungetheilten Zellen eingenommen sind u. s. w. Da die Tochterfamilien schliesslich den Mutterverband verlassen, so erklärt es sich, dass man auch verstümmelte, drei-, zwei- und selbst einzellige Formen des *Gonium Tetras* antrifft. Niemals aber beobachtete ich eine Theilung in einer höheren Potenz von Zwei, nie einen Uebergang in *Gonium pectorale*, dessen Familien bekanntlich aus einer viermal wiederholten Zweitheilung der einzelnen Zellen hervorgehen. Denn wenn auch die Familie des *Gonium Tetras* am Schluss der normalen Theilung (Fig. 3) aus vier vierzelligen Colonien, also im Ganzen aus 16 Zellen besteht, so zeigt doch schon deren Anordnung in Gruppen um quadratische Intercellularräume eine leicht aufzufassende Verschiedenheit von der so charakteristischen Gruppirung des *Gonium pectorale*. Es liegt daher kein Grund vor, trotz ihres von mir beobachteten geselligen Zusammenlebens, *Gonium Tetras* mit *Gonium pectorale* in eine Art zu vereinigen. Uebrigens besitzen die Zellen von *G. pectorale* die nämliche Organisation wie die von *G. Tetras*, insbesondere auch den excentrischen Hohlraum, den hohlen Kern mit der Stärkeschale, so wie das rothe Augenkörperchen auf der Rückenfläche des Scheitels, das Ehrenberg und ich selbst früher übersahen, aber Fresenius[1]) und Perty[2]) schon beobachtet hatten[3]).

[1]) Fresenius über die Algengattungen *Pandorina*, *Gonium* und *Raphidium*. Abhandl. der Senkenbergischen Gesellschaft II, p. 192. tab. VIII. Fig. 9.

[2]) Perty, kleinste Lebensformen 1852. p. 84 u. 178. Tab. XI. 6.

[3]) Auch die acht grünen Primordialzellen von *Stephanosphaera* besitzen, wie ich jetzt mit den vollkommneren Objectiven von Hartnack, Seibert und Zeiss erkenne, jede einen rothen, der Rückenfläche aufsitzenden Augenpunkt.

Aus der weiteren Entwickelungsgeschichte des *Gonium Tetras* führe ich noch an, dass es mir nicht gelang, geschlechtliche Fortpflanzung oder Paarung von Schwärmsporen, auf welche Beobachtungen von Hieronymus und Rostafinski[1]) hindeuten, mit Sicherheit nachzuweisen, dass aber gegen das Ende ihrer Vegetation (Ende Februar 1876) die Familien grösstentheils in Ruhezustand übergingen, indem die grünen Zellen Kugelform annahmen, sich mit dickeren, doppelt conturirten Zellhäuten umgaben, und durch reichere Entwickelung von Stärkekörnchen ziemlich undurchsichtig wurden, übrigens aber ihren Zellverband innerhalb der jetzt besonders deutlichen Gallerthüllen meist bewahrten, und sich zu dicken schlüpfrigen grünen Schleimmassen an den Wänden der Gläser gegen die Lichtseite anhäuften. Der Gesammtdurchmesser solcher ruhender Familien betrug 36—48 Mik., doch finden sich auch kleinere Familien; die einzelnen Zellen hatten 12—16 Mik. im Durchmesser; beim allmählichen Verdunsten des Wassers vegetirten sie in der feuchten Luft fort (Fig. 4).

7. *Structur des Amylumkerns.* Wenn die oben berichteten Beobachtungen gezeigt haben, dass die Amylumkerne der *Gonium*zellen durch ihr Verhalten bei der Theilung sich ganz wie echte Zellkerne verhalten, so bedarf es doch noch einer weiteren Aufklärung über ihren eigentlichen Bau. Diesen gewann ich, wenn ich *Gonium*familien, nachdem ich sie durch Alcohol mehr oder minder vollständig entfärbt, in Carminlösung legte. Nunmehr färbte sich das Innere der hohlen Amylumkerne schön roth, während die Stärkehülle ungefärbt blieb; bei den in Viertheilung begriffenen Zellen zeigten sich vier rothe Kerne um den Kreuzungspunkt der Theilungslinien nahe bei einander gelagert; das äussere ursprünglich grüne Plasma wurde gar nicht, oder nur schwach gefärbt, dagegen nahm das Intercellularquadrat ebenfalls eine rothe Färbung an; offenbar ist der Intercellularraum von einer, durch die Zellen ausgeschiedenen Substanz ausgefüllt, deren Druck auch die ebenen Bruchflächen derselben veranlasst.

Hieraus ergiebt sich mit der grössten Wahrscheinlichkeit, dass die hohlen Amylumkerne in den Zellen des *Gonium* wirkliche Zellkerne sind, aus einem dichten, durch starke Absorption des Carmin wie gewöhnlich charakterisirten Protoplasma (Kernplasma) gebildet, um welche sich die im

---

[1]) Rostafinski, *quelques mots sur l'Haematococcus lacustris. Mém. de la Société nationale des sciences naturelles de Cherbourg 1875. XIX. p. 146.*

Chlorophyll durch den Assimilationsprozess abgeschiedene Stärke als eine zusammenhängende Schale abgelagert hat. Auf diese Weise erklärt sich der scheinbare Widerspruch ihrer chemischen, morphologischen und entwickelungsgeschichtlichen Eigenthümlichkeiten in einfachster Weise. Mitten im Kernplasma glaubte ich oft, doch nicht immer ein festes Kernkörperchen zu unterscheiden.

8. *Amylumkern in Chlamydomonas multifilis* Rostaf. u. a. A. Ganz ähnlich ist die Organisation jener *Chlamydomonas*, welche sich gleichzeitig mit *Gonium Tetras*, in einzelnen Hyacinthengläsern sogar reichlicher, entwickelt hatte und eine längere Vegetationszeit besass; ich halte sie für die von Fresenius in der oben citirten Abhandlung erwähnte, auf Tab. VIII. Fig. 22 abgebildete, später von Rostafinski als *Chl. multifilis*[1]) beschriebene Art (Fig. 5). Es waren kugelrunde oder kurz ovale Schwärmer von sehr verschiedener Grösse (bis 20 Mik.), deren Zellhaut ziemlich knapp den grünen Plasmakörper umschliesst; dem Scheitel derselben sitzt ein farbloses nach aussen vorspringendes, abgerundetes Köpfchen oder Schnäbelchen auf, an dessen Basis zwei oder meist vier lange Geisselfäden entspringen. Bei langsamerer Bewegung sind die vier Geisseln nach allen Richtungen wie Beine ausgespreitzt und die grünen Kugeln schwanken schwerfällig an ihnen hin und her, oder kriechen mit Hilfe derselben, bis sie sich in Rotation versetzen und davon rollen. Die grünen Plasmakörper gleichen denen von *Gonium* in allen Stücken, dem rothen Augenkörperchen, den contractilen Vacuolen, dem daran anstossenden, excentrischen trichterförmigen Hohlraum, so wie in dem einfachen Zellkern mit Amylumschale; das grüne Plasma der *Chlamydomonas* ist jedoch von grösseren Stärkekörnchen erfüllt und erscheint in Folge dessen etwas grobkörniger und minder durchsichtig als bei *Gonium*. Karmin färbt allerdings diese Art um so schwieriger, weil das undurchsichtige Plasma und die Stärkekörnchen die Färbung innerer Theile verdecken; die besten Resultate erhielt ich, wenn ich grössere Mengen der *Chlamydomonas* erst mit Alcohol entfärbte, dann in einen Tropfen Karminlösung brachte, und mit dieser langsam eintrocknen liess; beim Aufweichen findet man unter zahlreichen Exemplaren, deren ganzes Plasma roth geworden, auch einzelne, bei denen das Plasma farblos geblieben, und um so deutlicher das rothe Körperchen in der Mitte des Amy-

---

1) Rostafinski, Beobachtungen über Paarung von Schwärmsporen. Botanische Zeitung 1871 p. 786.

lumkernes zeigt. Bei der Theilung vermehren sich die Amylumkerne wie bei *Gonium;* während aber die erste (Zweitheilung) bei beiden gleich verläuft, zeigt sich der charakteristische Unterschied bei der zweiten (Vier) theilung darin, dass die vier Quadranten bei *Gonium* kreuzständig, bei *Chlamydomonas* dagegen nahezu tetraedrisch stehen (Fig. 6); das letztere ist eine Folge der Verschiebung in dem begrenzten Raume der kugeligen Zellhaut. Diese quillt nach der Theilung von aussen nach innen, so dass die Aussenschicht schon in weiterem Umfang aufgequollen ist, während die inneren Schichten eine optisch unterscheidbare, dichtere Umgrenzung der vier Tochterzellen bilden, welche alsbald sich abrunden und sich jede mit einer festen Specialhaut umkleiden; nach völliger Erweichung und Verflüssigung der Mutterzellhaut schwärmen die letzteren aus; sehr häufig entstehen übrigens nur zwei Tochterzellen aus einer Mutterzelle. Auch hier finden sich Ruhezustände, indem das Plasma sehr stärkereich, auch ölhaltig, röthlichgelb, die Membran doppelt conturirt, auch wohl durch schichtenweises Aufquellen ihrer äusseren Lagen mehrschalig wird (wie bei *Chroococcus macrococcus).*

Ueberall, wo sich in einer Zelle nur ein Amylumkern mit analoger Organisation findet, wie wir sie bei *Gonium Tetras* geschildert, und sich bei der Zelltheilung entsprechend vermehrt, werden wir denselben als Zellkern mit Stärkeschale, nicht als ein gewöhnliches Stärkekorn, d. h. als ein bei der Zellvermehrung betheiligtes Element, nicht als eine einfache Ausscheidung von Reservestoff anzusehen haben. Dies gilt nicht nur von mehreren *Volvocineen (Eudorina elegans)*[1]), *Pandorina Morum*[2]), *Volvox globator*[3]), sondern auch von den meisten *Palmellaceen* und anderen einzelligen Algen[4]). So berichtet unter anderen A. Braun von *Characium Sieboldi,* dass das Stärkekorn in jeder Zelle nur einfach vorkomme und einen grossen Nucleus einschliesse, und dass sich die Stärkekörner in demselben Verhältniss vermehren als sich der Plasmakörper theilt, so dass die Verdoppelung dieser Körner, ja bisweilen selbst das Auftreten von 4 Körnern den entsprechenden Theilungen des Plasmakörpers

---

1) Carter, Ann. of nat. hist. 3 ser. 2. 1858.

2) Pringsheim, Ueber Paarung der Schwärmsporen. Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. Berlin 1869.

3) Cohn, Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox* Bd. 1. Heft 3 dieser Beiträge p. 96 Tab. I. Fig. 4 u. a.

4) Naegeli, Gattungen einzelliger Algen 1849 a. m. O.

vorangehe [1]). Wir können uns vorstellen, dass jene anziehenden Kräfte, welche dem Zellkern innewohnen, eine Ansammlung der beim Assimilationsprocess der grünen Zellen im Lichte erzeugten Amylummolecule vorzugsweise in der Peripherie des Kerns bewirken, die sich zu einer geschlossenen Schale vereinigen [2]), und dass nur der Ueberschuss der erzeugten Stärke in feinen (aber sich allmählich vergrössernden) Körnchen das gesammte grüne Plasma erfüllt.

9. *Mehrere Amylumkerne in einer Zelle.* Anders scheinen sich diejenigen Fälle zu verhalten, wo in grünen Zellen Amylumkörner in grösserer Zahl (zwei oder mehre) sich finden. In den Zellen von *Hydrodictyon* beschrieb bereits A. Braun die sehr zahlreichen Amylumkörner, welche zuerst als kleine Kugeln im grünen Wandplasma auftreten, nicht durch Theilung eines primären Korns, sondern jedes in gesonderter Entstehung; später unterscheidet man eine gelbliche Hülle, die anfangs von Chlorophyll durchdrungen, im ausgebildeten Zustand aus Amylum besteht, und einen Kern, dessen amylumartige Natur sehr zweifelhaft blieb. Diese Körperchen aber werden vor der durch freie Zellbildung geschehenden Entstehung der Zoosporen von aussen nach innen aufgelöst, ganz ebenso wie die ähnlichen Amylumkörner in den Zellen von *Cladophora glomerata*, *Ulothrix*, *Ascidium* und *Pediastrum* kurz vor Eintritt der Gonidienbildung spurlos verschwinden [3]). Hier werden daher die Amylumkörner einfach als Reservestoffe, die für die Fortpflanzung verbraucht werden, aufzufassen sein. Dasselbe gilt von den Amylumkernen der Conjugaten, welche Naegeli [4]) und De Bary [5]) untersucht haben. Nach Letzterem bestehen dieselben zuerst aus homogener, durch Chlorophyll gefärbter Proteinsubstanz; während sie an Grösse zunehmen, lagert sich in ihrem Innern Amylum in Form einer hohlkugeligen, homogenen oder aus kleineren Körnchen zusammengesetzten Schicht ab, welche aussen von einer dünnen Chlorophylllage umgeben wird, innen einen aus Proteinsubstanz bestehenden Kern einschliesst. Dass die Stärke dieser Körperchen im

---

[1]) A. Braun, *Algarum unicellularium genera nova*. Lipsiae 1855. p. 33. Tab. II. Fig. 7—11 u. a. a. O.

[2]) Zu vergleichen sind die Anhäufungen von Chlorophyll und Stärkekörnern, welche die Zellkerne der Sporenmutterzellen von *Isoëtes* und *Anthoceros* umhüllen und verdecken. Siehe u. a. Strassburger, Zellbildung und Zellkern. 2. Aufl. 1876. p. 143.

[3]) A. Braun, Ueber Verjüngung 1851 p. 211.

[4]) Naegeli, die Stärkekörner, in Naegeli und Cramer, pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft 2 p. 529 u. 531. Taf. XX. 17—34.

[5]) De Bary, Untersuchungen über die Familie der *Conjugaten* 1858 p. 2.

Dunkeln zur Ernährung der Zellwände verbraucht, durch die lebendigen Kräfte des Sonnenlichts dagegen unter dem Mikroskop wieder neu erzeugt wird, ist durch Versuche von Famintzin in glänzender Weise dargethan worden; von einer Analogie mit Zellkernen kann wohl hier um so weniger die Rede sein, als in den Zellen dieser Algen bekanntlich meist mittelpunktständige Zellkerne vorhanden sind, welche bei der Zellvermehrung sich betheiligen.

Auch bei einigen zu den *Volvocineen* gehörigen Gattungen finden sich Amylumkörner zu zwei oder mehreren, und es erscheint nicht zulässig, dieselben als Zellkerne aufzufassen. Dies gilt insbesondere von *Stephanosphaera* und *Chlamydococcus*; zu letzterer Gattung stelle ich ausser dem bekannten *Ch. pluvialis (nivalis)* auch eine Alge, welche ich im Mai 1876 in Regenwasser einiger Sandsteinhöhlungen vom Gipfel des Heuscheuerberges in der Grafschaft Glatz zugleich mit *Stephanosphaera* beobachtete, und die ich für die von Cienkowski als *Chlamydomonas obtusa* (?) A. Br. bezeichnete Art halte[1]). Es sind grosse, ellipsoidische, fast cylindrische, grüne Schwärmzellen, deren Längs- zum Querdurchmesser sich etwa wie 5 : 3 verhält; sie sind an beiden Enden stumpf abgerundet, von einer ziemlich dicht anliegenden Hüllmembran umgeben; auf ihrem Scheitel sitzt ein kleines farbloses papillenartiges Köpfchen auf, an dessen Basis zwei lange Geisselfäden entspringen; ich bestimmte die beiden Durchmesser im Mittel gleich 25 : 15 Mik. Allerdings stimmt die eng anliegende Zellmembran dieser Art mehr mit den Arten der Gattung *Chlamydomonas* überein, als mit den weit abstehenden Hüllen des *Chlamydococcus pluvialis;* aber die übrigen, und wie ich meine, wesentlicheren Charaktere der Gattung *Chlamydomonas,* als welche A. Braun[2]) insbesondere den Mangel der kleineren Amylumkörner, und statt ihrer ein einziges grösseres „Chlorophyllbläschen“ (Amylumkern) anführt, kommen dieser Art nicht zu, vielmehr besitzt dieselbe, wie Cienkowski und ich übereinstimmend beobachtet, keinen Amylumkern, sondern zwei oder mehr kleine Stärkekörnchen im grünen Plasma[3]); auch die Segmentation in 4 planconvexe, ellipsoidische Tochterzellen durch schief geneigte Scheidewände weicht von der tetraedrischen Theilung von *Chlamydomonas* ab; ich bezeichne unsere Form daher vorläufig als *Chlamydococcus obtu-*

[1]) Cienkowski, Ueber einige chlorophyllhaltige *Gloeocapsen.* Botanische Zeitung 1865 p. 25. Taf. I. Fig. 33.

[2]) A. Braun, Verjüngung p. 230.

[3]) Cienkowski l. c. zeichnet 4—8 Stärkekörnchen in einer Zelle l. c. Fig. 33. 34.

sus; vielleicht ist sie der Typus einer besondern Gattung. Schon Cienkowski beobachtete die beiden contractilen Vacuolen im Scheitel dieser Schwärmzellen; ich selbst unterschied im Centrum derselben ausserdem einen grösseren, dunkel feinkörnigen Hohlraum, der bis nahe an die contractilen Vacuolen reicht. Brachte ich eine Anzahl dieser Schwärmzellen in einen Tropfen Karminlösung und liess sie in diesem mehrere Tage in der feuchten Kammer verweilen, so nahm dieser Hohlraum eine schöne rosa Färbung an, während das grüne Plasma den Karmin nicht aufnahm, sondern eine nicht ganz scharfe und regelmässige grüne Begrenzung des rothen Hohlraums bildete, mitunter zeigte derselbe sternartige Spalten, in die die rothe Substanz vom Centrum aus eindrang; auch der Raum der contractilen Vacuolen zeigte sich roth gefärbt, und manchmal erkannte ich einen Zusammenhang zwischen den beiden rothen Räumen. Die dunklen Körnchen, welche sich stets im mittleren Hohlraum vorfinden, nehmen ebenfalls eine lebhaft rothe Färbung an. Bei der Theilung zeigten die planen, einander zugekehrten Bauchflächen der 4 in einer Mutterzelle gebildeten Tochterzellen sich schön roth gefärbt und mit mehreren rothen Körnchen erfüllt, während die nach aussen convexen Rückenflächen grün geblieben waren. Uebrigens gelingt die Färbung mit Karmin nicht bei allen Individuen gleich gut; offenbar erschweren nicht nur die Gallerthüllen das Eindringen des Karmins ins Innere der grünen Körper, sondern es lässt das lebende Protoplasma überhaupt keine Farbstoffe ins Innere eindringen und erst von getödteten Zellen wird das Pigment angenommen; eine vortheilhafte Methode schien es mir, die Zellen in einen durch Karmin gerötheten Glycerintropfen einzulegen, und wenn nach einiger Zeit die gewünschte Inhaltsfärbung eingetreten, das rothe Glycerin durch farbloses zu verdrängen.

10. *Zellkern in ruhenden Schwärmzellen.* Schon in meinen Nachträgen zur Naturgeschichte des *Protococcus (Chlamydococcus) pluvialis* im Jahre 1850 glaubte ich mit voller Bestimmtheit einen Zellkern in der Mitte der ruhenden Zellen unterscheiden zu können, in dessen Centrum ich oft noch ein kleineres Körperchen, also das Kernkörperchen wahrnehmen konnte; in zweifarbigen Zellen, die eine rothe centrale Masse mit einem grünen peripherischen Ringe umschliessen, ist es Regel, dass sich die rothe Substanz in einen dunkleren Ring verdichtet, der eine scharf umschnittene lichtere Höhle umgiebt[1]). Auch A. Braun bezeichnet ein im Centrum der ruhen-

[1]) Nova Acta Ac. Car. Leop. nat. cur. XXII. p. II. p. 635.

den Zellen von *Chlamydococcus pluvialis* befindliches, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, als „ohne Zweifel dem Zellkern entsprechend [1]).“ Ebenso habe ich in den ruhenden Zellen von *Stephanosphaera pluvialis* einen centralen Zellkern mit Kernkörperchen angezeigt, der anfänglich als scharfbegrenzte Höhle im grünen Plasma hervortritt, allmählich am Rande von dunkelrother Zone umgeben ist, welche nach der Peripherie der Zelle sich ausbreitend, zuletzt den gesammten Inhalt roth färbt [2]); hiernach scheint sich das rothe Pigment zunächst in der Umgebung des Zellkerns abzuscheiden, und erst allmählich in centrifugaler Richtung das Chlorophyll zu infiltriren. In den Schwärmzellen dagegen habe ich weder bei *Stephanosphaera* noch bei *Chlamydococcus* den Zellkern auffinden können. Bringt man aber die Schwärmzellen der *Volvocineen* in Karminlösung, so wird der centrale Hohlraum, den ich schon oben angezeigt, roth gefärbt, sobald überhaupt der Farbstoff durch Hüllhaut und Plasma durchgelassen wird. In frisch getheilten Zellen erhält man dann vier karminrothe Hohlräume.

Fassen wir die hier gegebenen Beobachtungen zusammen, so geben sie uns folgendes Bild von der Organisation dieser *Volvocineen*. Der Plasmakörper oder die Primordialzelle ist aus einem mit Chlorophyll durchtränkten Protoplasma gebildet, in welchem ein chlorophyllfreier, aus Plasma bestehender Zellkern (Kernplasma) eingeschlossen ist. Bei *Chlamydomonas* und *Gonium* wird in der Peripherie des Zellkerns Stärke in Form einer geschlossenen Kugelschale abgesondert, während auch im grünen Plasma sich äusserst feinkörnige Stärke ausscheidet. Wenn wir in Glycerinpräparaten den eigentlichen Kern durch eine schmale lichte Zone von der Amylumschale gesondert sehen, so beruht dies wie ich glaube auf einer geringen Contraction des Kernplasma durch das wasserentziehende Glycerin.

Bei *Stephanosphaera* und *Chlamydococcus* dagegen ist das Kernplasma nur in den ruhenden Zellen als ein scharf begrenzter klarer kugeliger Zellkern mit Nucleolus im grünen Wandplasma entwickelt, um welchen das rothe Pigment sich zunächst anhäuft, während die Stärke hier in der Regel in mehreren grösseren, seltener auch in unmessbar kleinen Körnern, jedoch ohne bestimmte Beziehung zum Zellkern abgeschieden ist. Noch aufzuklären ist das Verhalten des Kerns in den Schwärmzellen von *Chlamydococcus* und *Stephanosphaera*, wo

---

1) Verjüngung 1851. p. 185.

2) Cohn und Wiehura, Ueber *Stephanosphaera pluvialis*. Nova Acta Ac. Car. Leop. nat. cur. XXVI. I. p. 9.

derselbe der Analogie nach ebenfalls zu vermuthen ist, doch bisher unter dem Mikroskop selbst mit Anwendung von Reagentien nicht unterschieden werden konnte. Das Verhalten des grossen Hohlraumes gegen Karmin lässt allerdings die Möglichkeit hervortreten, dass derselbe, weil von einer eiweissartigen Substanz erfüllt, vielleicht dem Kernplasma entspricht, welches hier nur mit unregelmässiger Contur innerhalb des grünen Plasma abgeschieden ist. Aber auch in den Schwärmzellen von *Gonium* und *Chlamydomonas*, wo wir einen echten Stärkekern im grünen Plasma eingeschlossen fanden, tritt jener grosse excentrische Hohlraum hervor, hier meist trichterförmig, daher im optischen Längsschnitt fast dreieckig (Fig. 5), die Spitze der Scheitelregion zugewendet, in welcher die contractilen Vacuolen enthalten sind. Die von uns oben angeführten Färbungen mit Karmin setzen ausser Zweifel, dass dieser Hohlraum nicht eine einfache Vacuole mit wässrigem Saft, sondern dass er mit klarem Plasma erfüllt ist.

11. *Hohlraum in Schwärmzellen.* Ein solcher Hohlraum ist aber offenbar bei den Schwärmzellen der Algen verbreitet. Zahlreiche ältere Abbildungen lassen denselben bei den Zoosporen der *Palmellaceen* und *Volvocineen* erkennen; Strasburger giebt an, dass das Innere der Schwärmsporen von *Ulothrix zonata* von einer mit dünnflüssigem Inhalt erfüllten Blase eingenommen sei, welche in der Regel zwei Drittel des Innenraumes ausfüllt, und von dem durch die Chlorophyllplatte grün gefärbten, und 2 bis 3 grössere (Stärke) Körner einschliessenden Wandplasma begrenzt ist; er hält diese Blase für ein durch Theilung aus dem Lumen der Sporenmutterzelle entstehendes Gebilde; den Kern der ruhenden *Ulothrix*zellen vermisst er in den Schwärmsporen, er vermuthet nur, dass seine Substanz an der Bildung der farblosen Mundstelle betheiligt sei [1]). Auch die Schwärmsporen von *Saprolegnia* besitzen ein centrales rosa Bläschen [2]). Während die Schwärmsporen von *Oedogonium* einen centralen Zellkern besitzen, ein Hohlraum jedoch nicht angegeben wird, umschliesst bei den Zoosporen von *Vaucheria* die von Chlorophyllkörnern grün gefärbte Plasmamasse einen sphärischen mit homogenem Plasma gefüllten Hohlraum, welcher excentrisch an den hellen Scheitel der Schwärmzelle angrenzt; Strasburger nimmt an, dass derselbe zwar nicht als Zellkern im morphologischen Sinne abgegrenzt sei, aber die physiologische Function desselben in

---

[1]) Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung 1875. 2. Aufl. 1876. p. 167.
[2]) Strasburger l. c. p. 169.

seiner besonderen, in radialen Bahnen sich fortpflanzenden Wirkung auf das umgebende Protoplasma ausübt; beim Keimen der Schwärmspore vertheilt er sich gleichmässig auf das ganze Lumen [1]).

Dass der Hohlraum in den Schwärmsporen der *Volvocineen* die Rolle des Zellkerns vertrete, also von dem unregelmässig, nicht kugelig begrenzten Kernplasma gebildet sei, ist zwar für *Chlamydomonas* und *Stephanosphaera* nicht unmöglich; für *Gonium* und *Chlamydococcus* dagegen, wo wir einen wirklichen Zellkern mitten im Wandplasma eingebettet finden, nicht anzunehmen, und dadurch verliert diese Deutung auch in den übrigen Fällen an Wahrscheinlichkeit; ebenso möchte Strasburger's Vermuthung, dass der Kern bei *Ulothrix* den farblosen Mundfleck bildet, durch die Anwesenheit des Kerns neben dem Mundfleck bei *Oedogonium* kaum unterstützt werden. Ich möchte vermuthen, dass wenn überhaupt der Kern in allen Zoosporen als selbstständiges Organ vorhanden sein sollte, er sich darum oft der Beobachtung entzieht, weil er vom grünen Protoplasma völlig verdeckt wird.

12. *Contractile Vacuolen in Schwärmzellen.* Pulsirende Vacuolen waren bisher nur bei *Volvocineen* [2]) und *Palmellaceen* [3]) bekannt; erst neuerdings hat Strasburger nachgewiesen, dass auch am Mundfleck der Zoosporen von *Ulothrix zonata* eine in Intervallen von 14—15 Secunden pulsirende Vacuole vorhanden ist [4]), und es ist nunmehr zu vermuthen, dass diese Organe auch in anderen Schwärmsporen verbreiteter sein mögen, als man bisher annahm. Dass aber die pulsirenden Räume der Schwärmsporen identisch sind mit den bei den *Protozoen* (*Infusorien, Rhizopoden, Myxomyceten*) allgemein verbreiteten, einer festen Wandung entbehrenden, aber an der gleichen Stelle im Körperplasma sich constant wieder bildenden contractilen Vacuolen, wird Keiner bezweifeln, der dieselben einer vergleichenden Untersuchung bei allen diesen Organismen unterworfen hat. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass diese Vacuolen, welche stets dicht unter der Hautschicht oder Cuticula liegen, und bei der Contraction mitunter in ein strahlenartig den Körper durchziehendes System feiner Kanälchen sich umwandeln, eine besondere Organisa-

---

1) Strasburger l. c. p. 185.

2) Hier von Ehrenberg entdeckt.

3) Hier von Fresenius und Cienkowski erkannt; vergleiche meinen Aufsatz: die Entwicklungsgeschichte der Gattung *Volvox*, Festschrift, und Heft 3. Band I. dieser Beiträge p. 94.

4) Strasburger l. c. p. 167, bestätigt durch Dodel, botanische Zeitung 1876 p. 183.

tion der Zelle darstellen, welche zur Aufnahme Sauerstoffhaltigen Wassers von Aussen, und zur Vertheilung desselben im Körperplasma angepasst ist, dass sie also die ersten Andeutungen eines Respirations- und Circulationssystems sind. Bei *Gonium* und *Chlamydomonas* habe ich mich überzeugt, dass die contractilen Vacuolen mit der Spitze des trichterförmigen Hohlraumes der Schwärmzelle in Verbindung stehen. Vielleicht entsprechen dieselben derjenigen Region der Zelle, wo die zur Erhaltung des Lebens, insbesondere auch zur Entwickelung der lokomotorischen Kraft erforderliche Respiration ausschliesslich stattfindet; denn dass die Oberfläche der Zoosporen im Uebrigen für Diffusion wenig durchlässig ist, möchte ich schon aus der Thatsache vermuthen, dass fast alle Schwärmzellen während ihrer Bewegung, auch wenn dieselbe mehrere Tage andauert, nicht im mindesten an Grösse zunehmen, während unmittelbar nach der Keimung das Wachsthum beginnt; sie scheinen daher während des Schwärmens Nährstoffe nicht aufzunehmen. In Glycerinpräparaten bleiben die contractilen Vacuolen von *Gonium* und *Chlamydomonas* als klare Räume erhalten.

13. *Vergleich der Schwärmzellen mit einzelligen Thieren.* Entsprechen aber die contractilen Vacuolen der Schwärmsporen den gleichnamigen Organen bei den *Protozoen,* so ist der centrale oder excentrische Hohlraum der erstern zu vergleichen mit der Körperhöhle jener niedersten Thiere. Der langjährige Streit zwischen Ehrenberg, der in den Infusorien Thiere mit zusammengesetzten Organsystemen, und zwischen Siebold und Koelliker, welche in ihnen einzellige Wesen erblickten, ist durch die Forschungen der Nachfolger für die meisten dieser Wesen wohl endgiltig zu Gunsten der letzteren entschieden worden, und zuletzt hat noch Haeckel die Auffassung sämmtlicher Gebilde im Leib der Infusorien als mehr oder minder eingreifender Modificationen des Zellenleibes siegreich vertheidigt [1]). Der Körper der *Protozoen* besteht aus einer unter der Cuticula liegenden plasmatischen Rindenschicht, welche nach innen in fester Grenze einen Hohlraum, die Körperhöhle, umschliesst; der Inhalt dieser Körperhöhle wird von Greef als Chymus oder Chylus, d. h. als Speisebrei bezeichnet, welcher unter Entfernung gröberer Nahrungsballen sich unmittelbar in die mit Wasser vermischte Blutflüssigkeit verwandelt. Haeckel dagegen in Uebereinstimmung mit Stein bezeichnet diesen Inhalt als die weichere und wasser-

[1]) E. Haeckel, Zur Morphologie der Infusorien. Leipzig 1873. Separ.-Abdruck aus der jenaischen Zeitschrift Bd. VII. 4.

reichere Marksubstanz des Protoplasma, als Endoplasma, im Gegensatz zur Rindenschicht, dem Exoplasma; das Endoplasma zeigt bei *Paramecium Bursaria* u. a. ganz ähnliche Rotationsströmungen, d. h. innere Protoplasmabewegungen, wie wir sie in den Zellen von *Vallisneria* oder *Nitella* kennen; während bei *Trachelius Ovum* und *Noctiluca miliaris* die Körperhöhle von netzförmig verzweigten, veränderliche Pseudopodien bildenden Plasmafäden in ähnlicher Weise durchzogen ist, wie die Zellen der Staubfädenhaare von *Tradescantia*. Die Schwärmzellen der Algen zeigen demnach die nämlichen Modificationen des Zellentypus, wie die einzelligen Thiere aus der Klasse der *Protozoen:* nämlich einen Protoplasmakörper, der entweder nackt nur von der Hautschicht, oder von einer differenzirten Cuticula begrenzt, als Bewegungsorgane Cilien oder Geisseln entwickelt, und der selbst in ein peripherisches Exoplasma und ein centrales Endoplasma gesondert, in dem ersteren nicht selten pulsirende Vacuolen und einen Zellkern einschliesst. Ob das constante rothe Pigmentkörperchen an der Aussenseite des Scheitels so vieler Schwärmzellen die erste Andeutung einer für Lichtempfindung localisirten Stelle darstellt, lässt sich nur durch eine vergleichende Untersuchung der analogen Pigmentflecke und Randkörper bei niederen Thieren unter besonderer Berücksichtigung ihrer embryonalen und Larvenzustände (Medusen, Actinien, Echinodermen, Würmer) positiv entscheiden, zu der mir bisher ausreichendes Material gefehlt hat[1]). Offenbar tritt uns hier eine weiter und weiter gehende **Lokalisirung einzelner Lebensfunctionen in bestimmten Regionen einer und der nämlichen Zelle entgegen**, welche speciellen Zwecken entsprechend organisirt werden. In anderer Weise zeigt sich übrigens diese Localisirung auch bei vielen einzelligen Algen und Pilzen, in deren einfacher Zelle die eine Region als Klammer- oder Saugorgan (Haustorium), eine andere als assimilirendes oder leitendes Organ, eine dritte als Fruchtträger, eine vierte als Sporangium oder Geschlechtsorgan sich differenzirt, wo wir daher in derselben Zelle eine rhizoide, phylloide, cormoide, sexuelle und carpoide oder sporogene Region unterscheiden können *(Chytridiaceen, Mucoraceen, Peronosporaceen — Vaucheria, Hydrogastrum, Caulerpa).*

Schon im Jahre 1850 in meiner ersten Abhandlung „Nachträge zur Naturgeschichte des *Protococcus pluvialis*" habe ich ausgespro-

---

[1]) Das rothe Körperchen der *Volvocineen* vermehrt sich bei jeder Theilung in gleichem Verhältniss; in Glycerinpräparaten verliert es die Farbe, bleibt aber als stark Lichtbrechendes Körnchen erkennbar.

chen, „dass die Schwärmzellen der Algen typisch wie einzellige Thiere gebaut sind (l. c. p. 747), und sich in ihrer Entwickelungsweise (l. c. p. 734) wie in den Gesetzen ihrer Bewegung wesentlich solchen gleich verhalten“ (l. c. p. 738). Ich habe diesen Ausspruch aus dem Satze abgeleitet „dass das Protoplasma, welches als der Hauptsitz fast aller Lebensthätigkeit, und namentlich aller Bewegungserscheinungen in den Pflanzenzellen betrachtet werden muss, in seinem optischen, chemischen und physikalischen Verhalten mit der Sarcode oder contractilen Substanz der Thiere übereinstimme;“ dass es gleich dieser die Fähigkeit besitzt, wässerige Höhlungen zu bilden, welche ich ganz allgemein mit dem von Dujardin für die Sarcodebläschen der Infusorien eingeführten Ausdruck Vacuole zuerst bezeichnet habe (l. c. p. 663)[1]; „dass demnach das Protoplasma der Botaniker und die contractile Substanz und Sarcode der Zoologen, wo nicht identisch, so doch in hohem Grade analoge Bildungen sein müssen (l. c. p. 664); dass die Energie der organischen Lebensthätigkeiten, welche sich in der Bewegung realisirt, vorzugsweise an diese stickstoffhaltige contractile Substanz gebunden, in den Pflanzenzellen durch eine starrere, trägere (Cellulose) Membran herabgestimmt und gefesselt ist, bei den Thieren nicht (l. c. p. 665); dass aber auch bei den Pflanzen Zustände vorkommen, wo die Zelle, ohne von einer Cellulosehaut eingeschlossen zu sein, gewisser Veränderungen der äusseren Umrisse durch Contraction und Expansion, schlängelnde und ähnliche Bewegungsformen, zum Theil auch Ortsbewegungen fähig ist;“ solche Zustände habe ich als Primordialzellen „d. h. als eine Form des Primordialschlauchs (Plasmakörpers) bezeichnet, welcher selbst die Gestalt einer Zelle annimmt, und entweder ganz ohne starre Zellmembran, oder doch isolirt von derselben und selbstständig auftritt, wie dies namentlich bei den Schwärmzellen der Algen vorkömmt“ (l. c. p. 666).

Ich glaube in jener Abhandlung auch zuerst den Versuch durchgeführt zu haben, alle, auch die anscheinend heterogensten Bildungen einer niederen Pflanze als eine Zelle, oder als Metamorphose eines Theiles von einer Zelle nachzuweisen (l. c. p. 633); insbesondere eine sehr ungewöhnlich organisirte Alge *(Chlamydococcus pluvialis)* in all ihren biologischen Verhältnissen als einzelligen Orga-

---

[1]) Vergleiche auch das Referat meines Vortrages über die Pflanzenzelle in der Sitzung der naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 21. Februar 1849; Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1849

nismus aufzufassen, und ihre Entwickelungsgeschichte auf den Generationswechsel zurückzuführen (l. c. p. 634 und 688). Ich habe diese Sätze nicht als leichtsinnige Hypothesen hingestellt, sondern auf ein eingehendes vergleichendes Studium der Zelle bei höheren und niederen Pflanzen, so wie insbesondere auch der niederen Thiere begründet, wie es in gleichem Umfang meines Wissens damals keiner der Zeitgenossen betrieben hatte. Ich weiss wohl, wie mangelhaft in vielen Stücken jene Jugendarbeit war, und dass die von mir ausgesprochenen Sätze erst durch spätere bessere Arbeiten, unter denen die ganz unabhängigen und wenig später publicirten Untersuchungen von A. Braun [1]), sowie die Arbeiten über Protoplasma von Max Schultze 1861 und W. Kühne 1864 in erster Reihe stehen, ihre volle wissenschaftliche Begründung gefunden haben. Aber auch ich selbst habe mich seit jener Zeit unablässig bemüht, neue bestätigende oder ausführende Thatsachen zu jenen von mir zuerst ausgesprochenen Gedanken herbeizuschaffen, die wohl auch befruchtend in die Entwickelung unserer Wissenschaft eingegriffen haben. Und wenn Julius Sachs „die Lehre, dass das Protoplasma die unmittelbare Grundlage sowohl des vegetativen wie des animalischen Lebens ist, als eines der bedeutendsten Ergebnisse der neueren Naturwissenschaft" bezeichnet [2]), so glaube ich auf die Anerkennung des mir zukommenden Antheils, den mir derselbe in seiner Geschichte der Botanik vorenthalten hat, ohne Selbstüberhebung Anspruch machen zu dürfen.

Breslau, den 15. Juni 1876.

---

[1]) A. Braun, Betrachtungen über Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.

[2]) J. Sachs, Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860. München 1875 p. 339.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.



Inhalt von Band I.

Heft I.

Heft II.

Heft III.

Inhalt von Band II. Heft I.

Preis 7 Mark.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweiter Band. Zweites Heft.

Mit fünf zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1876.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).



Ueber die

biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten.

Von

Dr. A. B. Frank.

Mit Tafel VII.

Bekanntlich besitzen wir von keiner Flechte eine lückenlose Entwickelungsgeschichte des Thallus, welche mit der Keimung der Spore begönne und mit der vollkommenen typischen Form des fructificirenden Thallus abschlösse. Freilich geschieht in der Natur die Vermehrung der Flechten in den weitaus häufigsten Fällen auf vegetativem Wege mittelst der Soredien. Es ist nicht zweifelhaft, dass an flechtenreichen Standorten diese Organismen seit Jahrhunderten vielleicht allein auf diese Weise sich fortgepflanzt haben, dass Stellen, auf denen im Laufe der Zeit eine Flechtenvegetation sich ansiedelt, sehr häufig zuerst mit Soredialanflügen überzogen erscheinen, deren Ursprung auf benachbarte Standorte soredienbildender Flechten hinweist, dass also dabei die Bestandtheile des Flechtenthallus, die Hyphen und die Gonidien, sich auch ebenso lange Zeit nur immer durch Sprossung und Theilung vervielfältigt haben und dass mithin der Gedanke nahe liegt, es sei die Verjüngung durch Sporen ein Vorgang, den die Natur in sehr vielen Fällen vielleicht gar nicht kennt.

Und doch ist die Frage nach der Entwickelung der Flechten aus ihren Sporen von hoher theoretischer Wichtigkeit. Wir können die Flechtensporen nicht für bedeutungslose Organe halten, und was bei den Pilzen so allgemein und so leicht geschieht, muss auch bei den Lichenen erwartet werden. Ja die Verjüngung durch Sporen hat hier noch ein ganz besonderes Interesse, insofern sich daran die Frage nach der Beziehung der Gonidien zu den Hyphen knüpft.

Man hat die Entwickelungsgeschichte des Flechtenthallus nach verschiedenen Methoden zu ermitteln gesucht. Ausgehend von der Annahme, dass die Flechte ein einheitlicher Organismus sei, wie alle anderen Pflanzen, der aus seinen Keimen (Sporen) alle seine Organe zu reproduciren vermag, unternahm man Aussaaten von Sporen auf ein reines, der betreffenden Species zusagendes Substrat. Diese Experimente haben entweder gar keine oder doch nur sehr zweifelhafte Resultate geliefert. In der Regel bleibt die Entwickelung bei der Bildung von Keimschläuchen stehen[1]. Während Micheli die Apothecien für sterile Blüthen hielt und nur eine Keimung der Soredien kannte, hat Meyer[2]) nicht nur die Sporenkeimung zuerst gesehen, sondern will auch beobachtet haben, dass, wo mehrere Keimfäden sich treffen, knotige Vergrösserungen entstehen, die sich färben und so den Thallus und die Apothecien bilden. Mehr Beachtung als diese unsicheren Beobachtungen, die mittelst unzureichender Mikroskope gewonnen worden sind, verdienen die Angaben Tulasne's[3]). Dieser säte die Sporen der *Verrucaria muralis* auf einen geglätteten Kalkstein; er sah sie verästelte Keimschläuche treiben, welche sich allmählich durch Querwände in perlschnurförmig gereihte, rundliche Zellen gliederten (Protothallus). Endlich soll sich auf denselben eine weissliche Schicht kleiner runder Zellen entwickelt haben, die fest unter sich und mit den Fäden, von denen sie ausgingen, vereinigt waren. Einige seien leer, andere mit Inhalt erfüllt gewesen, und bald hätten sich hier und da auf dieser Schicht kleine grüne, jenen ganz ähnliche Zellen gebildet, und Tulasne war überzeugt, hier den Anfang eines neuen Thallus vor sich zu haben. Die bildliche Darstellung auf Taf. 13 steht aber hiermit nicht ganz im Einklange, denn einen organischen Zusammenhang mit den Hyphen zeigen die kleinen runden Zellen nicht und werden auch im jungen Zustande in der Fig. 12 als fremde Körper bezeichnet. Ein ähnliches Resultat will Tulasne auch nach Aussaat von Sporen der *Parmelia parietina* erlangt haben. — Speerschneider[4]) saete Sporen von *Hagenia ciliaris* auf Holz und beobachtete erst nach länger als einem halben Jahre eine Veränderung, indem die Sporen-

[1]) Tulasne, Mémoires sur les lichens. Ann. sc. nat. 3 sér. T. XVII. pag. 95.

[2]) Entwickelung, Metamorphose und Fortpflanzung der Flechten. Göttingen 1825. pag. 175.

[3]) l. c. pag. 91.

[4]) Zur Entwickelungsgeschichte der *Hagenia ciliaris*. Bot. Zeitg. 1853. pag. 722.

hülle durch Verwesung zerfiel und wenige oder ganze Massen rundlicher Zellen, zum Theil keimschlauchartig, hervortraten; die grössten dieser Massen zeigten auch Gonidien, doch wie es schien, ohne organischen Zusammenhang mit jenen. Speerschneider hielt dies für Anfänge des Thallus. Doch ist es auch hier wahrscheinlich, dass die grünen Zellen fremdartige einzellige Algen gewesen sind, wie sich solche ja auf nassen Oberflächen nach längerer Zeit allzuleicht einfinden.

Eine andere entwickelungsgeschichtliche Methode drängte sich auf in Folge der Hypothese, dass die Flechten von Schmarotzerpilzen befallene Algen seien. Bewogen durch die Aehnlichkeit oder vollständige Gleichheit der Gonidien gewisser Flechten mit gewissen Algen sprach zuerst de Bary[1]), nicht als Behauptung, sondern als Vermuthung, diesen Gedanken bezüglich der *Collemaceae* und *Byssacei* Fr. aus. Schwendener[2]) hat darauf in einer Reihe von Untersuchungen diese Hypothese für sämmtliche Lichenen zu begründen gesucht, indem er für alle Flechtengonidien entsprechende Algentypen nachwies und jede genetische Beziehung der Gonidien zu den Hyphen des Thallus leugnete. Durch Bornet[3]) erhielt diese Hypothese eine weitere Stütze, insofern derselbe nachwies, dass die Beziehung der Hyphen zu den Gonidien im Flechtenthallus überall diejenige ist, wie sie die Theorie des Parasitismus verlangt. Er suchte damit die bis dahin gleichberechtigte Hypothese zu entkräften, nach welcher die betreffenden Algentypen keine selbständigen Organismen, nur frei gewordene und für sich fortlebende Flechtengonidien sind. Diese Ueberzeugung hegten nämlich schon die früheren Lichenologen bezüglich des *Nostoc* und des *Chroolepus*, weil man diese Algen häufig aus dem Thallus von *Collemaceen* und *Graphideen* frei werden sieht. Sie wurde in neuerer Zeit auf das Bestimmteste auch für die chlorophyllgrünen und für die den *Chroococcaceen*-Typus repräsentirenden blaugrünen Gonidien ausgesprochen von Famintzin und Baranetzky[4]), denen es gelungen war, die grünen Gonidien

---

[1]) Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig 1866, pag. 291.

[2]) Verhandlungen der schweizer. naturf. Gesellsch. zu Rheinfelden, 9. Sept. 1867. — Untersuchungen über den Flechtenthallus. Beitr. z. wissensch. Bot. von Nägeli. 4. Heft. 1868. — Ueber die Beziehungen zwischen Algen und Flechtengonidien. Bot. Zeitg. 1868, pag. 289. — Die Algentypen der Flechtengonidien, Basel 1869. — Erörterungen zur Gonidienfrage. Flora 1872, No. 11 ff.

[3]) Recherches sur les gonidies des lichens. Ann. sc. nat. 5. sér. T. XVII.

[4]) Zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Flechten. Bot. Zeitg. 1868 No. 11. — Beitrag zur Kenntniss des selbständigen Lebens der Flechtengonidien. Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Bot. VII.

von *Parmelia parietina*, *Cladonia* und *Evernia* von den Hyphen isolirt fortleben und in der für die *Protococcaceen* charakteristischen Weise Schwärmsporen entwickeln zu sehen. Die Flechtensystematiker haben dann auf die Schwendener'sche Hypothese mit der anderen geantwortet, dass die niederen Algen, denen Gonidientypen entsprechen, keine selbständigen Pflanzen, sondern frei gewordene Flechtengonidien seien[1]. Körber[2]) hat endlich neuerdings die Selbständigkeit der Flechten auch für den Fall zu retten gesucht, dass die Thatsachen, auf welche die Schwendenerianer sich stützen, wirklich begründet sind. Er giebt zu, dass die Gonidien im Thallus nicht von den Hyphen erzeugt werden und dass aus den Keimschläuchen der Flechtensporen nur dann ein Thallus werden kann, wenn sie die ihnen specifisch benöthigte Gonidie, d. h. die Gonidienform eben derjenigen Species, welcher die Spore angehört, im frei vegetirenden Zustande unmittelbar finden. Die vermeintlichen Algen aber seien eben lauter freigewordene und ausserhalb der Flechte vegetirende Gonidien, und die eigenthümlichen Verbindungen, welche die Hyphen mit denselben im Thallus eingehen, nicht Erscheinungen von Parasitismus, sondern umgekehrt Einrichtungen zur Ernährung der Gonidien, welche eingeschlossen im Thallus die zur Bildung ihrer Eiweissstoffe und ihres Chlorophylls erforderlichen Nährstoffe nur durch die Hyphen zugeführt erhalten können. Wenn man unbeachtet lässt, dass die *Palmellaceen* und *Confervaceen* den Archegoniaten vorausgehende Glieder in der Entwickelung des Pflanzenreiches sind und dass es für viele Typen dieser Ordnungen keine entsprechenden Flechtengonidien giebt, so ist die Körber'sche Hypothese der Schwendener'schen gleichberechtigt. — Auch durch das Experiment haben die Schwendenerianer ihre Theorie zu erweisen gesucht und damit eine neue entwickelungsgeschichtliche Methode für den Lichenenthallus eingeschlagen: sie säen die Flechtensporen auf diejenigen Algen, die den Gonidien der betreffenden Lichene entsprechen. So hat Reess[3]) zuerst solche Sporenaussaaten von *Collema glaucescens* auf *Nostoc lichenoides* veranstaltet; er sah dabei die Keimschläuche in die Nostocgallert eindringen und mit ihr einen

---

[1]) Vergl. Nylander, Animadversio de theoria gonidiorum algologica. Flora 1870; Krempelhuber, Die Flechten als Parasiten der Algen. Flora 1871; J. Müller, Flora 1872; Crombie, On the lichen-gonidia question. London 1874.

[2]) Zur Abwehr der Schwendener-Bornet'schen Flechtentheorie. Breslau 1874.

[3]) Ueber die Entstehung der Flechte *Collema glaucescens* Hoffm. Monatsber. Berl. Akad. Oktober 1871.

Collema-artigen Thallusstock bilden, wenn es ihnen gelungen war, zur Nahrungsaufnahme das Substrat zu erreichen. Bornet[1]) hat einen ebensolchen Aussaatversuch mit den Sporen von *Collema pulposum* auf *Nostoc lichenoides* angestellt, und im Allgemeinen an der Alge das Gleiche beobachtet; nach einiger Zeit starb sie ab, „sans avoir sensiblement augmenté de volume." Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Keimschläuche in jede andere gallertartige Substanz auch eingedrungen sein würden. — Treub[2]) erhielt kein Resultat, wenn er Sporen von *Lecanora subfusca, Parmelia parietina* und *Ramalina calicaris* auf *Cystococcus humicola* aussäete; wenn er aber als Unterlage die aus den Flechten freipräparirten Gonidien benutzte, die er immer von anderen Arten entlehnte, als diejenige, deren Sporen gesäet wurden, so sah er die Hyphen sich den Algenzellen anlegen und vermehrte Zweige treiben, von denen ein Theil sich wieder anheftete, bis die Zelle zuletzt ganz umfasst wurde; zur Bildung eines vollkommenen Thallus konnte es aber auch nicht gebracht werden.

Es giebt aber noch eine dritte entwickelungsgeschichtliche Methode. Sie präsumirt irgend eine Hypothese nicht; es ist die gewöhnliche, in der Morphologie übliche, welche auf der Vergleichung der in der Natur aufzufindenden Entwickelungsstadien verschiedener Individuen beruht. Sie vermeidet die Schwierigkeiten, welche sich bei Zimmerkulturen unter Glasglocken entgegenstellen und welche bei diesen Pflanzen, die fast ohne Ausnahme nur gedeihen an den Witterungseinflüssen ungehindert preisgegebenen Standorten, gegenwärtig fast unüberwindlich erscheinen. Allerdings verbietet sich die allgemeine Anwendung dieser Methode bei den Lichenen wegen des Eingangs hervorgehobenen Umstandes, dass nur die wenigsten Flechten in der Natur ihre Entwickelung aus Sporen oder aus Hyphen allein beginnen, man vielmehr ihre ersten anzutreffenden Stadien in der Regel schon aus Gonidien und Hyphen zusammengesetzt (Soredien) antrifft. Sind wir auch, besonders durch Schwendener's Untersuchungen, schon vielfach unterrichtet worden über die Bildung des vollkommenen Flechtenthallus aus den Soredien und über die Gesetze des Wachsthums desselben, so reichen diese Thatsachen doch zu einer vollständigen, bis auf den Anfang zurückgehenden Entwickelungsgeschichte nicht aus. Es giebt aber eine Zahl Lichenen, an deren spontanen Vegetationen man noch einen Schritt weiter zurückgehen

---

[1]) l. c. pag. 93.
[2]) Lichenenkultur. Bot. Zeitg. 1873 No. 14.

kann. Besonders einladend müssen die hypophlöodischen Krustenflechten erscheinen, weil bei der Eigenthümlichkeit des Substrates, in welchem dieselben ihren Thallus bilden, die Untersuchung uns Rechenschaft geben muss, wie die Hyphen und insbesondere die Gonidien dorthin gelangen, wo sie im fertigen Thallus gefunden werden. Aus diesem Grunde und auch weil Bau und Wachsthum des Thallus, die bei den meisten heteromeren Thallustypen befriedigend aufgeklärt sind, gerade bei diesen Flechten noch keiner genaueren Untersuchung unterworfen worden sind, habe ich nach der angegebenen Methode die Entwickelung des Thallus einiger rindebewohnender *Graphideen* und *Verrucarieen* zu ermitteln gesucht. Diese Beobachtungen, über welche ich bereits der Naturforscher-Versammlung zu Wiesbaden 1873 zum Theil referirte, habe ich in der Folge weiter fortgesetzt und vervollständigt und gebe darüber im Nachstehenden Bericht. Ich betone, dass mir das rein morphologische und biologische Interesse an der Entwickelungsgeschichte des Thallus das hauptsächliche Motiv zu diesen Untersuchungen war, dass ich nicht allein darauf ausging, an diesen Flechten die Controverse über die Beziehung der Gonidien zu den Hyphen zu erörtern, wiewohl ich voraussah, dass diese hiermit innig zusammenhängende Frage dabei auch eine Beantwortung finden würde. Meine Erwartungen in dieser Beziehung haben mich nicht nur nicht getäuscht, sondern ich erkannte auch, dass man bei diesen Flechten biologische Verhältnisse antrifft, welche sich nicht in das Schema der Vorstellungen fügen, welche in den letzten Jahren für die Flechten überhaupt geläufig geworden sind. Trotzdem liefern auch diese Ergebnisse neue Beweise für den Kardinalpunkt der Schwendener-Bornet'schen Hypothese, dass die Gonidien etwas der Flechte Fremdartiges sind.

Ueber den Bau und die Entwickelung des hypophlöodischen *Graphideen*thallus begegnen wir bei den früheren Lichenologen fast nur speculativen Betrachtungen. Wallroth[1]) stellte sich vor, dass bei diesen Flechten, die sich schon in den glatten Baumrinden ansiedeln, die gonimischen Brutzellen aus der Atmosphäre auf das Substrat gelangen, daselbst ihre Weiterentwickelung aber nur dann finden, wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind, wenn sie eine für Flechtenansiedelung „urbar gemachte“ Rinde antreffen, wie Wallroth sich ausdrückt. Er versteht darunter den Zustand, wo die Epidermis in dünnen Schüppchen sich abstösst und die dadurch

[1]) Naturgeschichte der Flechten. Frankfurt a. M. 1825 I.

bedingte Unebenheit das Anhaften der Gonidien gestattet. Letztere würden dann vermöge des überhaupt jedem Keime innewohnenden „Strebens nach unten“ trotz ihrer Kleinheit Kraft genug besitzen, um durch „die entweder durchbrochene oder vermöge ihrer Zartheit leicht zu durchbrechende Oberhaut“ tiefer einzudringen und sich festzusetzen. Uebrigens warnt schon Wallroth [1]) davor, dass man die von diesen Flechten bewohnten Stellen glatter Rinden, welche besonders bei *Arthonia*- und *Verrucaria*-Arten je nach den Bäumen bald durch graulichbraune, bald durch etwas glänzend olivengrünliche, bald durch glänzend silberweise Färbung sich kenntlich machen, als wahre Kruste bezeichne und sie der Flechte selbst angehörig betrachte, denn sie seien nichts als schon veränderte Oberhaut, welche die Flechte „als eine allgemeine, so zu sagen zugleich mit verflechtende Hülle benutze,“ wodurch die „mattweissliche oder auch chlorophänisch durchschimmernde Färbung“ bedingt werde. Wallroth [2]) unterscheidet auch schon „ein hypophlöodisches Verweilen ohne und mit epiphlöodischer Sichtbarwerdung.“ Im ersteren Falle verbleibt die Brutzelle eingesenkt und setzt ungestört neue ähnliche Brut ab; die Häufigkeit solcher hypophlöodischer Brutanflüge sei so gross, dass „man sich kaum einen in dieser Hinsicht zur Aufnahme fähigen organischen Boden denken könne, auf welchem nicht jene zarten Unsichtbarkeiten eingestreut wären;“ nur ihrer Unscheinbarkeit wegen blieben sie am häufigsten unbeachtet. Wenn man an einem schlankgewachsenen, glattrindigen Eschenbaume ein Bruchstück der Rinde „in der Nachbarschaft der schon entfalteten *Graphis atra* und *insculpta*“ betrachte, so finde man nach Entfernung der Oberhaut durch leise Scheuerung goldgelbliche Kügelchen, welche „wirkliche Brutzellen vermuthlich der benachbarten Flechten“ seien. Auch an Buchen treffe man, sogar bei Abwesenheit jugendlicher Fruchtgehäuse unter der unveränderten Oberhaut wenn man sie abscheure, oft derartige Brutzellen, die sich äusserlich ganz unsichtbar erweisen. Wenn eine frühzeitige Auflockerung und Trennung der Oberhaut an solchen Stellen eintritt, so würden die eingeschlossenen Brutzellen nach aussen streben und zu den Brutzellenausbrüchen Veranlassung geben, welche oft ganze Baumstämme überkleiden. Oft aber treten auch beide Theile, Oberhaut und Brutzelle, „in freudiger Gemeinschaft üppiger hervor.“ Dieses Epiphlöodischwerden stellt sich Wallroth so vor, dass hypophlöodisch angesiedelte Brutzellen mehrere ihres Gleichen „in zusammenhängender Ineinanderschichtung

[1]) l. c. pag. 143, 151—153.
[2]) l. c. pag. 160 ff.

ausstossen und selbst im Verborgenen irgend einen bindenden Stoff ausströmen lassen.“ Diese Ansammlung gewinne dadurch an Consistenz und trete dann mit ihrer Scheinhülle merklicher hervor, indem sie eine weissliche Färbung, einen perlmutterähnlichen matten Glanz und eine gewisse Glätte annimmt, dem bewaffneten Auge wie ein geronnener Milchaufguss erscheint, an welchem alsbald die Anfänge der Fruchtgehäuse von innen hervorbrechen. Dass schon Wallroth die Unterschiede der beiden Formen des hypophlöodischen Thallus sich klar gemacht hat, verdient um so mehr hervorgehoben zu werden, als selbst in der neueren descriptiven Flechtenliteratur die Terminologie diese Thallusformen vielfach nicht hinreichend unterscheidet.

Tulasne[1]) giebt an, dass die Vegetationsorgane der *Opegrapha atra* unter der 3. oder 4. Zellenlage des Korkes sich befinden in Form grüner zusammenhängender Gonidien und sehr undeutlicher Fasern. Bei *Arthonia galactites* seien es amorphe oder unregelmässig faserige Massen, untermengt mit kurzen Ketten grüner Zellen, in der oberflächlichsten Korklage. Der einfachste Bau finde sich bei *Verrucaria epidermidis atomaria* etc., wo das Periderm von ästigen, unregelmässigen Fäden durchzogen sei, auf welchen kleine Gruppen sphärischer grüner Gonidien zerstreut sind, die nur schwach an einander und an den Fäden hängen, aus denen sie nach Tulasne's Meinung entstehen, und zu selten sind, um dem Thallus grüne Farbe zu geben.

Nach de Bary[2]), welcher den Thallus von *Graphis scripta, Opegrapha varia, O. plocina* und anderer Arten, *Lecanactis illecebrosa, Arthonia impolita* und *Pyrenula nitida* untersuchte und bei allen im Wesentlichen übereinstimmend fand, besteht die Haupteigenthümlichkeit dieser Formen in der Beschaffenheit der Gonidien, welche zu oft vielgliedrigen, confervenartigen, ästigen Zellreihen vereinigt sind, welche durch Spitzenwachsthum und Theilung der Endzelle sich verlängern und dadurch sich verästeln, dass unter dem oberen Ende der Gliederzellen eine Ausstülpung getrieben wird als Anlage der äussersten Zelle des Astes. Die Gliederzellen haben meist eine tonnenförmige, mitunter fast kuglige, oder zumal am Rande des Thallus, schmal und langgestreckt cylindrische Gestalt und im Verhältniss zu anderen Gonidien ungewöhnliche Grösse. Die Zellen enthalten einen durch Chlorophyll gleichmässig gelbgrün gefärbten Protoplasmakörper, in dessen Mitte eine Anzahl verschieden grosser

---

[1]) l. c. pag. 9—11.
[2]) l. c. pag. 260—262.

rothgelber ölartiger Körner liegen; oder dieselben nehmen den Innenraum beinahe ganz ein, wobei selbst die schmale peripherische grüne Schicht fehlen kann. Bei den rindebewohnenden Arten besteht der Thallus aus einem Geflechte von Gonidienketten und Hyphen ohne Differenzirung in Mark- und Rindeschicht; beiderlei Bestandtheile sind ausgebreitet zwischen den äussersten Peridermalagen der Rinde und die Gonidienketten vorzugsweise in der Richtung der Oberfläche geordnet, sie drängen sich sammt den Hyphen allenthalben zwischen die Lagen und einzelnen Zellen des Periderma ein. Die Aussenfläche des nur geringe Dicke erreichenden Thallus ist stets bedeckt von einem aus einer oder einigen Zellenlagen bestehenden Peridermaüberzuge. Die weissliche Farbe dieser Thalli rühre von Luftansammlung in und unter dem vertrockneten oberflächlichen Periderm, bei *Graphis scripta* auch von reichlicher Anhäufung unregelmässiger krystallinischer Stücke von oxalsaurem Kalk her.

Bornet[1]) hat *Chroolepus umbrinum* Ktz., welches die Gonidien der *Opegrapha varia* Pers. bildet, unabhängig von der Flechte auf Zweigen beobachtet. Die Alge lebe sowohl auf der Epidermis, als auch unter den äusseren Peridermaschichten, krieche auch in die Zellen derselben hinein und verzweige sich in denselben. Der rothe Inhalt fehle bisweilen und die Zelle enthalte dann nur ein hell und glänzend grünes Chlorophyll, was besonders in den tieferen Peridermschichten der Fall sei. Am Rande der genannten Flechte, wo die weisse Kruste undeutlich wird, bemerke man theils im Periderm, theils auf den oberflächlichen Zellen desselben locker verfilzte Hyphen, welche gegen den Rand hin seltener werden; wo sie mit den im Periderm befindlichen kettenförmigen rothbraunen Gonidien zusammentreffen, befestigen sie sich an einzelnen Zellen der Ketten. Im eigentlichen Thallus seien die Hyphen stärker entwickelt, umstricken die Gonidien mit viellappigen Zweigen, besonders auch an den Einschnürungen der Ketten, so dass letztere in kurze Stücke getrennt werden. Bei *Verrucaria nitida* Schrad. bestehen ähnliche Verhältnisse. Diese Darstellung lässt keinen Zweifel darüber, wie Bornet sich das Zustandekommen dieser hypophlöodischen Thalli vorstellt: als ein Befallenwerden der ursprünglich für sich allein im Periderm lebenden Alge durch die ein- und vorwärtsdringenden Hyphen.

Aus der Familie der *Graphideen* habe ich den hypophlöodischen Thallus von *Arthonia vulgaris* Schaer., *A. epipasta* Krb. und *Graphis scripta* Ach. untersucht und zwar vorzüglich an jungen und mittel-

---

1) l. c. pag. 54—56.

alten noch glattrindigen Stämmen der Eschen und Eichen, an denen besonders die beiden erstgenannten sehr häufig und an verschiedenalterigen Bäumen oder in verschiedenen Höhen leicht in allen Entwickelungsstadien zu finden sind. Doch kommen beide auch an anderen jungen, glattrindigen Laubhölzern häufig vor, und ich habe sie auch an solchen verglichen. Stets verwendete ich frisch gesammeltes Material zur Untersuchung; wo das nicht der Fall war, habe ich es ausdrücklich bemerkt. Die frisch gesammelten Flechten stammten aus der Umgegend von Leipzig und Dresden.

Zur Orientirung über den Bau des Periderms der Eiche und Esche, wie er schon an den wenigjährigen Zweigen und solange als der Stamm glatt bleibt sich zeigt, sei Folgendes vorausgeschickt. Auf dem Querschnitte unterscheidet man leicht zwei Schichten des Periderms: eine innere dickere und eine äussere dünnere, stets farblose. Die erstere grenzt unmittelbar an das Korkcambium; ihre Zellen sind ungleich deutlicher und regelmässiger als die der anderen; sie haben rectanguläre Gestalt, liegen ziemlich genau in radialen Reihen; ihr Lumen ist gewöhnlich weiter, die Membranen sind ziemlich kräftig und gleichmässig gebaut. Bei der Esche besteht diese Schicht aus sehr weiten, fast quadratischen Korkzellen, die nur in zwei Lagen übereinander liegen, leer, lufthaltig und nur blass graubräunlich gefärbt sind; daher erscheint die Eschenrinde graugrün, indem die grüne primäre Rinde durchscheint. Im späteren Alter werden immer mehr solche Korkzelllagen gebildet. Bei der Eiche ist diese Schicht aus vielen Zellenlagen zusammengesetzt und mehr oder weniger braun gefärbt; ihre Zellen sind rectangulär tafelförmig, von mässiger Weite; ihr Lumen übertrifft die Dicke der Wände um das Mehrfache; sie führen meist einen amorphen gebräunten Inhalt, welcher die Farbe dieser Schicht bedingt; daher sieht die glatte Eichenrinde bräunlich aus. Die Zellen der stets farblosen und durchscheinenden äusseren Schicht sind ungleich enger, ihr Lumen übertrifft manchmal kaum die Dicke der Wände, ja es liegen oft Aussen- und Innenwand aneinander; ihre Gestalt ist unregelmässiger, indem die radialen Wände gewöhnlich mehr oder weniger schief gezogen oder verbogen sind, so dass auch die Zellen mehr seitlich zwischen einandergeschoben, weniger deutlich in radiale Reihe geordnet erscheinen. Es sind dies offenbar die Folgen des durch die Ausdehnung der inneren Gewebe, zunächst der inneren Schicht des Periderms, hervorgebrachten Druckes, durch den jene Schicht immer mehr in Spannung versetzt wird. Die Dicke derselben schwankt bei der Eiche zwischen 4 bis 6, bei der Esche nur zwischen 2 bis 4

radial hintereinander liegenden Zellen. Diese beiden Schichten lassen sich auch unterscheiden, wenn man das Periderm durch Schnitte parallel der Oberfläche abgetragen hat. Mittelst sehr dünner Schnitte erhält man nur die farblose äussere Schicht; Schnitte, die etwas dicker ausfallen, zeigen bei der Eiche an den betreffenden Stellen unterwärts die hellbraunen Korkzellen; bei der Esche lässt sich diese Schicht, aus dieser Richtung betrachtet, nur an den kräftigeren Zellmembranen und dem gleichmässigeren Gewebe erkennen. Ich will beide Theile einfach als äussere und innere Korkschicht bezeichnen.

1. Arthonia vulgaris Schaer.

Körber[1]) charakterisirt die mit *Opegrapha* nächstverwandte Gattung *Arthonia* durch Apothecien ohne Excipulum, die daher von Anfang an nackt und nichts als Hymenium sind, welches unmittelbar der Baumepidermis oder einem später gebildeten eigenen Thallus aufsitzt, keine Paraphysen, kurz birnförmige Schläuche hat und meist sternförmig strahlige Gestalt besitzt; die Asci enthalten 4 bis 8 in einer oder zwei Reihen nebeneinander gelagerte Sporen; letztere sind vier-, bisweilen nur zweizellig; ihre Gestalt wird puppenförmig (nymphaeformis) genannt, wegen der Aehnlichkeit mit den als Kinderspielzeug bekannten Wickelpuppen, indem die oberen Zellen meist breiter und länger sind. *Arthonia vulgaris,* welche an glattrindigen Eschen und Eichen ausserordentlich gemein ist, hat nach Körber[2]) einen *„thallus effusus, primum hypophloeodes, dein nudus, tenuiter leprosus, albido-cinerascens l. olivaceus."* Als wichtigste Merkmale beachte man die vom unregelmässig Kreisrunden ins Gelappte oder schwach Sternförmige strebende Gestalt der ziemlich flachen Apothecien und die zu 6—8 in einem Ascus enthaltenen vierzelligen hyalinen Sporen. Diese auf die Früchte bezüglichen Merkmale sind die allein zuverlässigen, da, wie das Folgende zeigen wird, die Beschaffenheit des Thallus in gewissen Zuständen von demjenigen anderer Arten nicht zu unterscheiden ist.

Die Zeit des ersten Erscheinens des Thallus dieser Flechte ist an ein bestimmtes Alter des Baumes nicht gebunden. Man kann seine Anfänge schon an 1 Ctm. dicken Stämmen und Aesten junger Eichen finden, an Eschen erscheint er meist erst an etwas dickeren Stämmen, und solange der Baum glattrindig bleibt, können neue

---

[1]) Systema lichenum Germaniae. pag. 289.

[2]) l. c. pag. 290.

Thalli an ihm entstehen. Die Flechte liebt einen etwas geschützten Standort, siedelt sich an den reiner und unversehrter bleibenden Stämmchen des Unterholzes lichter Wälder lieber an als auf den etwas rauheren und mit Algen- und Soredienanflügen stärker bedeckten Rinden ganz freistehender Stämme. Einzige Bedingung für die Ansiedelung der Flechte scheint hiernach ein unversehrtes, an der Oberfläche reines, mit der unterliegenden Rinde organisch zusammenhängendes fortbildungsfähiges Periderm zu sein.

Das erste Sichtbarwerden des Thallus auf Eschen besteht in dem Auftreten grünlicher Flecken, die sich durch diese Farbe von dem mehr unrein graugrün oder völlig grau gefärbten normalen Periderm unterscheiden. Dieselben sind im Allgemeinen von runder Form, gehen aber mehr oder weniger ins Elliptische, indem sie in der Richtung des Querdurchmessers des Stammes gewöhnlich etwas breiter sind als in longitudinaler, was jedenfalls zum Theil mit dem während ihrer Bildung fortschreitenden Dickewachsthum des Stammes zusammenhängt, daher auch an den älteren Thalli sich steigert. Ihre Grösse liegt zwischen weiten Grenzen, gleichwie die des fertigen Thallus, und sie treten bisweilen schon bei ihrem ersten Sichtbarwerden in demjenigen Umfange auf, den sie im entwickelten Zustande haben. Dass sie die Anfänge unserer Flechte sind, ergiebt sich unzweifelhaft, wenn man von den weiter entwickelten Individuen auf die jüngeren Entwickelungsstadien vergleichungsweise zurückgeht, mit denen sie nicht selten an einem und demselben Stamme angetroffen werden. Noch weiter zurückverfolgt, entschwinden diese grüneren Flecken bald der Wahrnehmung, indem das Anfangs gleichmässig graue Periderm in der Ausdehnung, in welcher die Flechte auftritt, allmählich die grünere Färbung erhält. An diesen Stellen ist das Periderm in Bau und Zusammenhang im Wesentlichen ganz gleich dem anderen, und nichts als die andere Farbe verräth die Anwesenheit eines fremden Organismus, der jetzt bereits in demselben zu finden ist. Aber dieser ist auch nicht die unmittelbare Ursache dieser Farbe, denn die letztere wird vom Baume selbst dadurch hervorgebracht, dass das Periderm, besonders die äussere Korkschicht, festeren inneren Zusammenhang hat und stärker angespannt ist, wodurch die ganze Haut fester an die Rinde angedrückt wird, deren Farbe durch solches Periderm besser durchscheint. Die Oberfläche behält dabei eine gewisse Glätte, ja sie zeigt wohl auch einigen Glanz, während das andere Periderm, dessen äusserste Korkzellenlage nicht in so gleichmässigem Verbande bleibt und sich wohl sogar etwas abschuppt, diese Eigenschaften weniger zeigt und

auch oft zeitig mit Anflügen anderer Organismen, besonders *Pleurococcus*, sich reichlich bedeckt, von denen jene Stellen nichts oder ungleich weniger zeigen.

In diesen Stellen des Periderms erkennt man innerhalb der äusseren Korkschicht und zwar immer nur in dieser, ausserordentlich feine hyaline Hyphen von nur 0,8 Microm. Dicke und ganz regellos geschlängeltem Verlauf, hin und wieder dichotom in Aeste getheilt, aber nicht eigentlich mit einander verwebt. Man bemerkt sie sowohl, wenn man die äussere Korkschicht von der Oberfläche betrachtet, als auch auf dünnen Querschnitten durch dieselbe: In beiden Fällen überzeugt man sich, dass sie zwar wegen der Dünne der äusseren Korkschicht, auf die sie beschränkt sind, vorwiegend in den Richtungen der Fläche derselben sich ausbreiten, aber doch alle Membranen der Korkzellen in allen möglichen Richtungen durchdringen, auch durch die sehr engen Lumina derselben hindurchgehen und überhaupt in ihrem Verlaufe völlig unabhängig von der zelligen Struktur der äusseren Korkschicht sind: sie durchsetzen dieselbe wie ein homogenes, nach allen Richtungen gleich leicht durchdringbares Substrat. Sie sind in allen Theilen der äusseren Korkschicht zu finden, auch in der nach aussen grenzenden Membran der oberflächlichen Korkzellenlage, so dass sie zum Theil an deren Oberfläche vorragen und frei liegen. Dieser von den Zellen der Nährpflanze in keiner Weise beeinflusste Verlauf der Hyphen ist zwar bei Schmarotzerpilzen eine seltenere, wiewohl keineswegs unerhörte Erscheinung, denn z. B. die braunfädigen Mycelien von *Pleospora* und verwandter in Hautgeweben schmarotzender *Pyrenomyceten* zeigen ganz Analoges; sehr gewöhnlich aber ist die Erscheinung an solchen Pilzmycelien, welche todte organische Gewebe bewohnen. Der Umstand, dass die Hyphen in der festen Korksubstanz sich befinden, welche mit ihnen fast gleiches Lichtbrechungsvermögen hat, erschwert die Erkennbarkeit dieser ohnehin äusserst feinen Fäden auf tangentialen Schnitten bedeutend; verdünnte Kalilösung klärt dieselben etwas mehr auf; ähnlich wirkt auch Chlorzinkjod, wenn Behandlung mit Kali vorausgegangen ist. Diese Hyphen gehören allein der Flechte an; als fremdartig von ihnen zu unterscheiden sind die auf der Oberfläche des Periderms angesiedelten Wesen, die überhaupt auf jeder Baumrinde vorkommen. Das sind hauptsächlich *Pleurococcus*- und ausserdem *Dematium*-artige Bildungen: sterile, bald hyaline, häufiger aber braune, meist torulöse gegliederte Hyphen, die auch manchmal in *Torula*-artige Glieder sich auflösen, und gewöhnlich vielmal dicker sind, als die Fäden der Flechte.

Diese Bildungen sind fast nur epiphyt, obwohl sie sich der Oberfläche innig anschmiegen und wie *Pleurococcus* gern in den Vertiefungen und unter halbabgelösten Korkzellen sich ansiedeln. Auf den nicht von der Flechte bewohnten Stellen sind diese Wesen, wie schon angedeutet, gewöhnlich sehr reichlich; da wo die Flechte Platz gegriffen hat, treten sie nicht in solcher Menge auf, dass dem unbewaffneten Auge ihre Anwesenheit verrathen würde; das Mikroskop überzeugt uns, dass sie auch hier nicht gänzlich fehlen, bald kommen sie nur sehr sporadisch, höchstens vereinzelte Individuen von *Pleurococcus*, bald auch in zahlreicheren Gesellschaften vor. Der Grund dieses spärlicheren Auftretens an diesen Stellen liegt einfach in der grösseren Glätte, in dem Mangel von Rauhigkeiten der Oberfläche, welche für die Ansiedelung dieser Pflänzchen nicht genügend feste Punkte darbietet.

Die Ausbreitung der Hyphen auf dem ganzen Raume, den später der Flechtenthallus einnimmt, muss sehr rasch geschehen, alsdann aber die Zahl der Hyphen sich vermehren, so dass durch dieselben allmählich diejenige Wirkung auf das Periderm hervorgebracht wird, welche das veränderte Aussehen dieser Stellen bedingt. Die peripherische Ausbreitung der Hyphen verlangsamt sich aber darnach sehr bedeutend oder wird wohl auch ganz sistirt, indem die Thalli nicht merklich an Umfang gewinnen und auf den sehr verschiedenen Grössen verharren, welche sie bei der Anlage zufällig erreichten. Die Wirkung der Hyphen auf die äussere Korkschicht ist aber augenscheinlich die, dass sie die Zellen derselben fester untereinander verbinden, sowohl in der Richtung der Oberfläche, als auch in radialer Richtung, dadurch das Abstossen der Korkzellen verhüten, somit diese Schicht zu einer an der Oberfläche glatten, in sich fester zusammenhängenden dehnbaren Haut machen, welche den unteren Theilen inniger aufliegt. Es kommt aber auch noch eine andere Abweichung des Periderms hinzu: der Kork ist hier dichter, er besteht besonders in der inneren Korkschicht aus kleineren, etwas dickwandigeren fest zusammenhängenden Zellen; der nicht von der Flechte bewohnte ist minder dicht, weicher, seine Zellen sind etwas grösser, die Wände dünner. Darum schneidet sich auch der letztere in tangentialer Richtung leichter, der von der Flechte eingenommene erweist sich beim Schneiden fester und härter. Wir müssen diese, wenn auch geringfügige Veränderung in den während der Anwesenheit der Flechte sich ausbildenden Zellen als eine Einwirkung derselben auf die um sie liegenden Gewebe der Pflanze betrachten.

In der That sind, solange der Thallus das beschriebene Aus-

sehen besitzt, diese Hyphen der einzige Bestandtheil desselben; er ist gonidienlos. Es lässt sich das unzweifelhaft darthun, weil die Gonidien mit Sicherheit im Periderm nachzuweisen sind von dem Zeitpunkte an, wo sie wirklich auftreten und weil eine Verwechselung mit anderen Zellen hier ausgeschlossen ist, wo die *Chroolepus*-Gonidien durch ihre Eigenthümlichkeiten hinlänglich gekennzeichnet sind. Ich will gleich hier bemerken, dass, da bei dieser Flechte die Gonidien häufig ohne das orangegelbe Oel auftreten, man zu Reagentien greifen muss, um sie sicher aufzufinden. Unfehlbar lassen sie sich durch Chlorzinkjod im Periderm nachweisen, sowohl auf tangentialen, wie auf Querschnitten, selbst dann, wenn sie ganz von Kork eingeschlossen sind, indem sie dadurch eine lebhafte weinrothe Färbung annehmen. Es ist zur Sicherheit der Reaction nöthig, die Schnitte, nachdem man die Luft aus dem Kork durch Alkohol entfernt hat, einige Minuten in verdünnte Kalilauge zu legen, dann auszuwaschen, mit Essigsäure zu neutralisiren und nach abermaligem Auswaschen Chlorzinkjodlösung auszusetzen. Etwa in den Zellen vorhandene Kügelchen des charakteristischen Oeles werden tief schwarzblau gefärbt. Weder an der Oberfläche, noch in der äusseren, noch in der inneren Korkschicht finden sich in dieser Periode Gonidien der *Arthonia*, und man kommt immer zu demselben Resultat, von welchem Punkte des Thallus auch man die Schnitte hernehmen mag. Ebenso fehlen dieselben im normalen Periderm durchaus. Bornet, welcher *Opegrapha varia* Pers. untersuchte, betrachtet das Vorkommen von *Chroolepus* auf und unter den äusseren Peridermschichten ausserhalb der Flechte an den Zweigen gleichsam für ein ubiquistisches. Ich vermuthe, er hat das Periderm in der Nähe des Randes solcher Thalli untersucht und sich bereits im Gebiete der Flechte befunden; wir werden bei *Graphis* auf diesen Umstand zurückkommen. Für die von mir untersuchten mit *Arthonia* besetzten Eschenrinden muss ich das Fehlen des *Chroolepus* in der normalen Rinde auf das entschiedenste behaupten.

Nach einiger Zeit bekommen diese grünlichen Stellen ein weissfleckiges Aussehen. Das ist das sichere Zeichen, dass die Gonidien erschienen sind; sie finden sich auch nur in diesen weissen Flecken, aber hier ausnahmslos; die Stellen des Thallus, welche noch unverändert grünlich erscheinen, sind auch jetzt noch gonidienlos. Wenn man von einem solchen weissen Fleck durch einen tangentialen Schnitt das Periderm oder wenigstens dessen äussere Korkschicht abträgt und in der bezeichneten Weise mit Chlorzinkjodlösung prüft, so bemerkt man jetzt unter der zweiten oder dritten äusseren Kork-

zellenlage, also in der unteren Region der äusseren Korkschicht, gewöhnlich eine grosse Anzahl lebhaft weinroth gefärbter grosser Zellen von runder oder etwas polygonaler Gestalt, im Durchmesser etwa den dritten oder vierten Theil des durchnittlichen Durchmessers der über ihnen liegenden deutlich sichtbaren Korkzellen betragend. Sie liegen oft streckenweis in einer zusammenhängenden einfachen Lage nebeneinander, bisweilen so dicht, dass sie durch gegenseitigen Druck polygonal werden und den Eindruck einer parenchymatischen Zellenfläche hervorbringen; wo sie sich nicht drücken, haben sie runde oder ovale Gestalt (Fig. 1). Auf dem Querschnitt zeigt sich die Anordnung in einer einfachen Lage und dass sie in der unteren Region der von den Hyphen eingenommenen äusseren Korkschicht vorhanden sind, auf das Deutlichste (Fig. 2). Bei Untersuchung in Wasser erscheinen die Membranen dieser Gonidien farblos und mässig dick. Der Inhalt ist ein bald dünnes, bald dichteres, fast homogenes Protoplasma, fast ein Epiplasma nach de Bary's Bezeichnung; durch Reagentien contrahirt es sich etwas, wird noch dichter und etwas glänzend; Chlorzinkjod färbt es blassgelblich. Es ist von Natur entweder blassgrünlich gefärbt oder auch farblos, und sehr oft fehlen ihm die für *Chroolepus* charakteristischen rothen Oelkörnchen vollständig. Aus diesem Grunde sind hier die Gonidien wenigstens ohne Anwendung von Reagentien nicht sehr auffallend; Körber[1]) scheint auf den Mangel des rothen Oeles aufmerksam geworden zu sein, denn er spricht bei dieser Flechte von einer „nicht erythrogonimischen Kruste," deren Veilchenduft ihm desshalb auffällig erschien. Doch ist es ebenso häufig, dass man in einzelnen oder sogar in vielen dieser Gonidien goldglänzende Oelkörnchen antrifft. Dieselben treten bald als ein oder mehrere grössere Tropfen bald in vielen kleinen Körnchen fast emulsionsartig auf. Jod färbt sie schwarzblau. Stärkemehl ist nicht vorhanden, denn wenn dem Zelleninhalt das Oel durch Aether entzogen worden ist, so färbt er sich durch Jod nur gelb.

Wenn man Thalli untersucht, welche eben in dieses zweite Lebensstadium einzutreten beginnen und erst weiss gesprenkelt oder marmorirt sind, so gelingt es, das erste Erscheinen der Gonidien zu beobachten. Die Gonidien wandern von aussen in den schon vorhandenen Thallus der Flechte ein. Ausser mehr oder weniger grossen Ansammlungen von Gonidien, welche schon innerhalb des Periderms sich festgesetzt haben und die dem unbe-

[1]) Systema lichenum Germaniae. pag. 291.

waffneten Auge sichtbaren kleinen weissen Flecke bedingen, findet man hier auf grösseren Strecken, die noch keine Gonidien beherbergen, erst einzelne isolirte Individuen derselben von der Oberfläche aus mehr oder weniger weit in den Kork eingedrungen. Diese in der Einwanderung begriffenen Gonidien sind bei Betrachtung in Wasser oder Glycerin nicht leicht sichtbar zu machen, denn sie sind ausnahmslos ohne farbige Oelkörnchen, ihr Protoplasma zeigt keine merklich grüne Farbe, und zudem sind die Zellmembranen meist minder kräftig gebaut, der Zelleninhalt ist weniger reichlich. Das alles trägt dazu bei, dass sie auf und in den ähnlich lichtbrechenden Korkzellhäuten sich schwer zu erkennen geben. Anwendung von Chlorzinkjod lässt sie jedoch wegen ihrer Röthung sehr deutlich hervortreten. Die Infectionspunkte liegen sehr zerstreut. Häufig sucht man sie im ganzen Präparate vergebens, sowohl auf als in dem Periderm, und nur an einem einzigen Punkt befindet sich eine kurze Kette von zwei oder mehreren solcher ovaler oder tonnenförmiger Zellen des farblosen *Chroolepus*, und man sieht stets, dass diese isolirten Anfänge noch ganz oder wenigstens an dem einen Ende an der Oberfläche des Periderms liegen, indem gewöhnlich das andere Ende der Kette bereits unter die oberste Korkzelle in wenig geneigter, der Oberfläche fast paralleler Richtung eingedrungen ist. Man kann sich von diesen Lagenverhältnissen mit der grössten Präcision durch feine Einstellung überzeugen und findet stets, dass es die jüngste, das Längenwachsthum der Kette vermittelnde Endzelle ist, welche die tiefere Richtung eingeschlagen hat. In Fig. 3, welche einige solche Zustände darstellt, sind die oberflächlich liegenden Stücke der Ketten durch stärkere Contouren bezeichnet, das Uebrige liegt bereits innerhalb des Korkes. Links, wo die Kette erst aus 2 Zellen besteht, ist nur die ältere und höchstens der hintere Rand der anderen Zelle auswendig. Die letztere erweist sich durch ihre Gestalt deutlich als die Scheitelzelle der werdenden Zellreihe. In Fig. 3 rechts scheint die grössere Zelle der oberflächlichen Kette die älteste zu sein, von welcher nach rechts ein kurzer Spross ausgeht, der sogleich ins Periderm eingedrungen ist, während sie nach links zwei Zweige entsendet, von denen der eine zu einer aus 3 kleinen Zellen bestehenden oberflächlich gebliebenen Kette geworden ist, die sich nicht weiter fortbildet, der andere aber ins Periderm gelangt ist und wie aus der Gestalt seiner Zellen ersichtlich, zu einer rüstigen Fortbildung sich anschickt. Man sieht auch hierbei wieder, wie die festen Korkzellmembranen von der fremden Pflanze ohne Hinderniss durchwachsen werden,

und es ist von Interesse, diese Wirkung sogar von einer Alge ausgeübt zu sehen. Es findet hier eine Trennung der Korkzellen und ein Eindringen in Zwischenräume keineswegs statt; denn die Korkzellen erweisen sich in festem Verbande und die Gonidien in die Substanz des Korkes eingegraben. Da Pilze dies zu thun vermögen, so kann es auch von Algen erwartet werden; vom *Chlorochytrium Lemnae* Cohn ist ähnliches schon bekannt.

Einmal ins Periderm gelangt, breitet sich die Alge rasch aus. Man findet leicht alle Uebergänge von den ersten ein- oder wenigzelligen Kolonisten bis zu grösseren aus vielen Zellen bestehenden Lagern. Die Alge wuchert im Periderm, indem sie durch vielfache dichotome Zweigbildung die Zahl der Ketten vermehrt, die aber meist genau in einer einzigen Ebene innerhalb der äusseren Korkschicht liegen und in centrifugaler Richtung wachsen, sodass die Alge bald rings um den Infectionspunkt gleichmässig, bald nur mehr nach einer Seite hin sich ausbreitet. Sie dringt dabei in den Zellhöhlen einer und derselben Korkzellenlage vorwärts und weitet dieselben aus; daher die Anordnung der Gonidien in einer einfachen Lage. Eine Zeit lang bleiben die Ketten deutlich unterscheidbar. Die Gliederzellen zeigen ovale oder etwas tonnenförmige Gestalt; mitunter trifft man auch welche, die an beiden Enden mehr schlank, fast schlauchförmig und nur in der Mitte bauchig gedunsen sind, was wohl von der Eigenthümlichkeit des Substrats bedingt sein mag. Aber wegen der reichlichen Zweigbildung kommen die Ketten immer mehr mit einander in Contact, die Lücken zwischen ihnen werden fast alle nach und nach durch Sprossungen ausgefüllt, endlich sind die einzelnen Ketten nicht mehr zu unterscheiden, es hat sich das oben beschriebene scheinbar parenchymatische Lager gebildet. Die Infectionspunkte entschwinden späterhin der Beobachtung, nicht sowohl weil sie überhaupt sehr einzeln und zerstreut liegen, sondern auch weil die oberflächlich liegenden Anfangsglieder der eingedrungenen Ketten abzusterben und zu vergehen oder abgestossen zu werden scheinen. Das ganze Gonidienlager ist somit durch die obersten Korkzellschichten nach aussen abgeschlossen.

Nach der Einwanderung der Gonidien nimmt die Entwickelung der Hyphen an den von jenen besetzten Stellen ungemein zu. Sie setzen sich in Menge an die Gonidien an, wuchern in den Zwischenräumen derselben und zwängen sich sogar manchmal zwischen die aneinander gewachsenen Zellen einer und derselben Kette ein, die dadurch vollends aufgelöst wird. In solchem Falle nisten die einzelnen Gonidien in einer Hyphenmasse, die sich wegen der dichten

Verflechtung und der unregelmässig gelappten Verzweigung der Fäden nicht entwirren lässt (Fig. 4, A). In den noch vorhandenen Zwischenräumen zwischen den Gonidien und den angrenzenden Korkzellenlagen findet sich Luft ein; dies ist der Grund, wesshalb die von den Gonidien eingenommenen Stellen weiss erscheinen, und da die obersten von Hyphen durchwucherten Korklagen als eine zusammenhängende ziemlich glatte Haut darüber ausgespannt sind, so erhalten sie ein fast perlmutterartiges Ansehen. Diese Stellen sind auch gewöhnlich schwach erhaben, weil die verhältnissmässig voluminösen Gonidien ins Periderm gekommen sind.

Die Kolonisirung des Thallus durch die Alge geschieht, wie aus dem Vorstehendem erhellt, an mehreren Punkten gleichzeitig oder innerhalb eines gewissen Zeitraumes durch verschiedene Individuen, welche offenbar nicht gleiche Abstammung zu haben brauchen. Unter solchen Umständen ist auch zu erwarten, dass diese Einwanderung an keine bestimmten Punkte des Thallus gebunden ist, sondern ganz dem Zufall anheimgegeben jeder Regelmässigkeit entbehren muss. In der That bietet auch der Eintritt des Weissfleckigwerdens, welches das Zeichen stattgefundener Einwanderung des *Chroolepus* ist, ein Bild, in welchem diese Zufälligkeit sich deutlich ausspricht. Gewöhnlich sind es einzelne kleine, oft marmorartig verzogene Flecken, welche regellos über den Thallus vertheilt sind, hier seltener, dort in grösserer Anzahl beisammen stehen, ohne dass in dieser dichteren oder dünneren Gruppirung irgend eine Regel zu erkennen wäre. Bisweilen erscheint nur an einer einzigen Stelle ein weisser Fleck, der allmählich seinen Umfang vergrössert, indess der ganze übrige Thallus noch grünlich bleibt, bis vielleicht auch auf ihm später solche Flecke auftreten oder jener sich über ihn verbreitet hat. Die ersten weissen Flecke treten ebenso oft an den Rändern oder nur an einem einzigen Rande als in den der Mitte näher liegenden Theilen auf. Wenn viele kleine Flecke auf dem Thallus erscheinen, so fliessen sie bald zusammen, die Marmorirung wird gröber, es bleiben kleine grünliche Inseln in der zusammenfliessenden weissen Masse, und endlich werden auch diese ausgefüllt. Jedenfalls ist früher oder später der anfangs grünliche Thallus in seiner ganzen Ausdehnung gleichmässig weiss gefärbt. Niemals aber treten solche weisse Flecke ausserhalb der grünlichen Peridermstellen auf, und ich habe auch nie auf dem von der Flechte nicht bewohnten Periderm jene im Eindringen begriffenen oder schon eingedrungenen Chroolepus-Individuen mit farblosem Zellinhalte bemerken können. Es folgt daraus, dass hier die Alge nur in solches Periderm sich ein-

bohrt, welches von den Hyphen der Flechte durchwachsen ist.

Wie die Entstehung der Flechte in ihrem gonidienlosen Zustande an kein bestimmtes Lebensalter des Baumes geknüpft ist, so ist auch der Eintritt dieses zweiten Stadiums hiervon unabhängig; man findet solche weissfleckig werdende Thalli sowohl an verhältnissmässig noch dünnen, als auch an schon bejahrteren Eschenstämmen, und es geht daraus hervor, dass nur die Einwanderung der Gonidien diesen zweiten Zustand des Thallus bedingt. Wie bald aber ein Thallus durch Chroolepus kolonisirt wird oder wie lange sein gonidienloser Zustand währen kann, ist aus demselben Grunde nicht durch Vergleichungen zu ermitteln; es müsste zu diesem Zwecke am Standorte selbst ein bestimmter Thallus in seiner Entwickelung verfolgt werden. Da man aber gerade an der Esche diese Thalli so sehr häufig im Zustande der eben beginnenden und der verschieden weit fortgeschrittenen Kolonisirung findet, so darf man wohl annehmen, dass diese Zeiträume nach Jahren bemessen werden müssen. Es mag auch vorkommen, dass einzelne Thalli ganz von der Alge unberührt bleiben, und somit ihr Leben ein vergebliches gewesen ist. Denn man findet bisweilen solche glatt gewesene Stellen, die ohne eine weitere Bildung zu zeigen, wieder im Vergehen begriffen sind, indem ihre äussere Korkschicht rissig zu werden und sich mit den gewöhnlichen rindebewohnenden Organismen zu bekleiden beginnt, wie es an dem umliegenden Periderm schon in viel hoherem Grade der Fall ist. Auch die Abnormität kommt vor, dass bei verspateter Ansiedelung die Alge sich nicht mehr in dem ganzen ursprunglichen Thallus ausbreiten kann, wenn stellenweise durch überreichlichen Ansatz jener gewöhnlichen Rindebewohner die äussere Korkschicht rissig und pulverig geworden und so der in ihr lebende *Arthonia*-Thallus zerstört ist. Die weisse Kruste des fertigen Thallus erscheint dann unvollständig oder unterbrochen, bisweilen umschliesst sie eine Insel von rauher pulveriger Beschaffenheit, bewohnt von massenhaftem *Pleurococcus* u. s. w., denen wohl auch Anfänge anderer Krustenflechten, welche oberflächlich leben, sich beigesellt haben.

Das Protoplasma der im Periderm ausgebreiteten Gonidienlager ist oft, allerdings nur sehr blass, grün gefärbt, gleichmässig in allen Theilen. Es enthält bisweilen kleine, stärker lichtbrechende, ebenfalls blasse Körnchen, mitunter auch einzelne oder mehrere Vacuolen. Auch die noch als deutliche Ketten sich ausbreitenden Gonidien zeigen oft schon grünes Protoplasma, sobald sie nur einigermassen ins Periderm eingedrungen sind. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod-

lösung lässt das contrahirte Protoplasma auch noch die grünliche Farbe erkennen (Fig. 4). Bisweilen ist aber auch die Färbung im ganzen Gonidienlager so blass, dass man über die Anwesenheit selbst geringer Chlorophyllmengen in Zweifel kommt. Wie schon oben bemerkt, fehlt das orangegelbe Oel manchmal im ganzen Thallus. An manchen Standorten scheint dieser Zustand besonders häufig zu sein; ich habe solche Thalli, die bis zur Reife der Apothecien entwickelt waren, mehrfach gefunden. Oefter sind wenigstens einzelne Stellen in der Flechte damit versehen, besonders gilt dies von den tiefer ins Periderm eintretenden Wucherungen der Gonidien in späteren Zuständen des dicker krustig werdenden Thallus und vorzüglich von den in der Nähe der Apothecien liegenden. Nicht selten ist aber auch die Anwesenheit des Oeles eine allgemeine im ganzen Thallus. Zellen, die mit demselben versehen sind, zeigen häufig auch deutliche Ergrünung des Protoplasma's, wiewohl es auch in solchen vorkommt, die nicht merklich durch Chlorophyll gefärbt sind. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Anwesenheit des für *Chroolepus* so charakteristischen Oeles weder für die Alge noch für die Flechte nothwendig ist. Es dürfte ein als solches für das Leben nicht nothwendiges Nebenprodukt sein, welches bei lebhafterer Stoffbildung abgeschieden wird.

Späterhin erstarkt der Thallus noch weiter, indem er sich zu einer dickeren, gefelderten, weissen Kruste entwickelt. Dies beruht auf einer Vermehrung beider Elemente des Thallus. Die Gonidien treiben Sprossungen, welche ebenfalls von Hyphen begleitet, sich über oder unter das anfängliche Lager schieben; dieses ist dann nicht mehr aus einer Lage von Zellen gebildet; es hat seinen Raum noch mehr ausgeweitet, so dass auf dem Querschnitte elliptische Nester von Gonidien sichtbar sind. Aber auch in etwas tiefere Schichten des Periderms dringen jetzt von Hyphen begleitete Sprossungen der Gonidien ein. Eine weitere Veränderung ist die, dass die äussere Korkschicht durch die vermehrten Hyphen, welche sie in Menge und nach allen Richtungen durchdringen, unkenntlich wird. Die zellige Struktur derselben, die man auch nach der Einwanderung der Gonidien zunächst noch, besonders bei Flächenansichten, wahrnehmen kann, ist ganz verschwunden; die verworrene Hyphenmasse ist gleichsam an ihre Stelle getreten, und wenn sie die Korkzellhäute auch vielleicht nicht ganz aufgezehrt hat, so hat sie sich doch mit den von diesen noch verbliebenen Resten zu einer krustigen Masse vereinigt. Der Thallus ist jetzt eigentlich nicht mehr hypophlöodisch, sondern frei an die Oberfläche getreten, „epiphlöodisch sichtbar geworden," um mit Wallroth zu

reden. Die Felderung rührt zum Theil schon daher, dass die durch die Einwanderung der Gonidien entstehenden weissen Flecke erst nach und nach mit einander in Berührung kommen, so dass sie durch niedrigere Linien von einander geschieden sind. Die Apothecien, welche in der Regel bald nach dem Erscheinen der weissen Flecke entstehen, sind je einer solchen Areole eingesetzt, weil gerade an den Apothecien die Verdickung der Kruste besonders stark ist. Da nun aber die Entwickelung des Thallus Jahre in Anspruch nimmt, diese Kruste aber nicht wie normales Periderm durch Dehnbarkeit und Erweiterung vermittelst eigener Fortbildung der Zunahme des Umfanges des Stammes zu folgen vermag, so reisst die Kruste in wirklichen Rissen ein, welche an den dünnsten Stellen, also zwischen den Areolen entstehen, wodurch letztere noch bestimmter abgegrenzt werden. In dieser Form erhält sich nun der Thallus noch viele Jahre auf dem Stamme, in diese Zeit fällt die allmähliche Ausreifung der Apothecien. Durch die inzwischen beginnende Borkebildung wird der Thallus der Länge nach noch mehr zerrissen, indem die ihn tragenden äusseren Theile des Periderms auseinanderweichen und im Grunde der Furchen neuer Kork an die Oberfläche tritt. Dabei bleiben immer die Areolen des Thallus intact, denn das Auseinanderweichen geschieht durch Erweiterung der Risse zwischen denselben. Der in den letzteren neu erschienene Kork zeigte mir nichts von Elementen der Flechte; letztere ist also wirklich in einzelne Theile zerrissen, welche auf den höchsten ältesten Theilen der Borke sitzen, hier aber mit den unterliegenden Partien in festem Verbande und daher auch jetzt noch lebendig bleiben und so lange fortleben würden, bis am bejahrten Baumstamme die stärkere Borkenbildung alle älteren Theile der Oberfläche abstösst. In der Regel erreicht aber die Flechte schon vorher mit der völligen Entwickelung und Reife der Apothecien ihr natürliches Lebensziel.

Der hier geschilderte Entwickelungsgang des Thallus bezieht sich speciell auf die Esche. An der Eiche entwickelt sich die *Arthonia vulgaris* im Wesentlichen unter denselben Erscheinungen. Auch hier geht ein gonidienloser, nur von Hyphen gebildeter Zustand voraus. Die betreffenden Stellen des Periderms unterscheiden sich aber hier nur durch eine hellere, etwas silbergraue Farbe von dem bräunlichen normalen Periderm. Bei der anderen Beschaffenheit, die hier das letztere hat, kann natürlich das grüne Rindeparenchym unter keinen Umständen durchschimmern, wie bei der Esche; die Oberfläche kann also hier immer nur die Farbe des Periderms zeigen. Das Durchscheinen der braunen inneren Korkschicht wird an den

von der Flechte eingenommenen Stellen geschwächt durch das weissliche Licht, welches durch die in den oberflächlichen Korkzellen ausgebreitete Hyphenmasse hervorgebracht wird. Die Hyphen erscheinen hier reichlicher und dichter als bei der Esche. Es sind eben solche äusserst feine, sehr vielverzweigte, stark hin- und hergeschlängelte hyaline Fäden, welche eine Neigung zu netzförmiger Verbindung zeigen. Daher sind die Korkzellen hier sehr bald von einer gleichmässigen Hyphenmasse durchwuchert, in welcher der Verlauf der einzelnen Fäden nicht mehr zu verfolgen ist. Nur am Rande der ganzen Ausbreitung gelingt dies. Fig. 5 stellt zwei oberflächliche Korkzellen aus dieser Region dar; die Grenze beider ist ungefähr der momentane Rand des Thallus.

Sehr auffallend ist aber an der Eiche die zeitige und rasche Einwanderung der Gonidien. Die meisten Thallusanfänge zeigen die Kolonisten bereits in mehr oder weniger grosser Anzahl und es sind verhältnissmässig weit seltener als an der Esche, noch ganz gonidienlose Thalli zu finden. Manchmal folgt der ersten Entstehung des aus Hyphen gebildeten noch kleinen Thallus die Einwanderung der Gonidien auf dem Fusse, und in dem Masse, als er sich peripherisch ausbreitet, erscheinen neue Kolonisten auf dem von ihm ergriffenen Areale. Aber das hat die Flechte mit der an der Esche gemein, dass auch hier die ersten Gonidienansammlungen an verschiedenen, regellos zerstreuten Punkten des Thallus und niemals ausserhalb der Grenzen desselben sich zeigen und dass hier ebenfalls die ersten sichtbar werdenden Gonidien als kurze, mit ihrem hinteren Ende oberflächlich liegende, in den Kork sich einbohrende Ketten, als wirkliche Eindringlinge sich zu erkennen geben. Auch hier erhält der Thallus durch die eingewanderten Gonidien ein weisses und zum Theil graugrünes Ansehen. Das Grün rührt hier von dem Chlorophyll der Gonidienlager her und verändert sich in dem Masse in Weiss, als Luft in demselben sich einfindet. Auch hier treten die andersfarbigen Stellen in einer Mehrzahl kleiner, mehr oder weniger marmorartig zusammenfliessender Flecken auf, die aber ziemlich rasch sich verbreitern und vereinigen und dem Thallus bald ein gleichmässig weisses, perlmutterartig glänzendes Aussehen verleihen. Die Gonidien zeigen hier dieselben Eigenthümlichkeiten, wie an der Esche, sowohl hinsichtlich der Gestalt beim Eindringen und bei der späteren, lagerartigen Ausbreitung, als auch hinsichtlich der Reaction und hinsichtlich der Beschaffenheit des Inhaltes; hier finden sich aber in den hypophlöodischen Lagern die orangegelben Oelkügelchen allgemein und das Protoplasma ist meist

grün gefärbt. Die eindringenden Ketten aber sind auch hier farblos, ohne Oel. Auch hinsichtlich der späteren Zustände des Thallus gilt das vom eschenbewohnenden Gesagte.

Bei *Arthonia vulgaris* ist die Fructification von dem Vorhandensein der Gonidien abhängig: die Anlage der Apothecien bildet sich immer erst, wenn Gonidien in den Thallus eingewandert sind. Es gilt dies sowohl für die Flechte auf der Esche, wie für die auf Eiche. Man muss sich in dieser Beziehung hüten, unsere Flechte mit anderen *Arthonia*-Arten, deren Thallus gonidienlos ist und welche oft gesellig mit jener vorkommen, zu verwechseln. Sehr leicht kann man besonders durch *A. punctiformis* Ach. getäuscht werden, weil diese nicht blos einigermassen in der Gestalt der Apothecien, sondern auch in der Beschaffenheit der Sporen mit *A. vulgaris* übereinstimmt. Hat man sich aber die unten angegebenen Eigenthümlichkeiten der Apothecien dieser Flechte einmal klar gemacht, so wird man sie immer von der *A. vulgaris* unterscheiden können. Gewöhnlich erscheinen die ersten Apothecien sehr bald, nachdem die Gonidien in den Thallus gelangt sind, oft noch ehe die weissen Flecke zu einer einzigen Kruste zusammengeflossen sind. Dieselben kommen dann einzeln auf den grösseren Flecken zum Vorschein; später entstehen andere auf den inzwischen weiss gewordenen Stellen. So folgen sich hier die Apothecien innerhalb eines Thallus ohne jede räumliche Ordnung, eben nach der Zufälligkeit der Kolonisation der einzelnen Stellen durch Gonidien, keineswegs in centrifugaler Succession, wie bei den meisten blatt- und krustenartigen Flechten.

Die Entwickelung des Apotheciums beginnt damit, dass in der unteren Region des Thallus, in der Ausdehnung, welche das zukünftige Apothecium besitzt, die feinen Hyphen sich beträchtlich vermehren und sich zu einem Knäuel ordnungslos und überaus dicht verflechten. Dieses Hyphenknäuel sitzt mit ebener Basis der Lage von Korkzellen auf, welche zunächst unter dem Thallus sich hinzieht. Nur eine oder wenige Korkzelllagen sind es, in deren Bereiche die Hyphenmasse sich entwickelt hat und welche von ihr ausgeweitet und so aufgelöst werden, dass einzelne Stücke von Korkzellhäuten mitten in diesem Hyphenknäuel eingeschlossen sind. Die oberflächlichsten Lagen sind ebenfalls ganz von derselben Hyphenmasse durchsetzt; hier ist aber die letztere nicht so stark entwickelt, um die Zellen auszuweiten und auseinanderzuschieben. Daher bleibt diese äussere Korkhülle noch kenntlich, besonders an der Eiche, wo sie überhaupt dauerhafter ist, aber sie wird durch die Entstehung des Hyphenknäuels nach aussen gehoben. Die ganze Peripherie des Knäuels,

mit Ausnahme seiner Grundfläche, schwärzt bis in einige Tiefe seine Hyphen; an der Aussenseite sind dies hauptsächlich die in der äusseren Korkhülle ausgebreiteten. Diese schwarze Partie, welche allmählich in das Innere übergeht, stellt eine Art Excipulum dar. Das Innere bleibt farblos. Nun schwillt der Körper unter Gleichbleiben der übrigen Beschaffenheit stärker an; die äussere Korkhülle, welche die vergrösserte Peripherie nicht mehr zu umspannen vermag, wird allmählich in ihre einzelnen Zellen aufgelöst, welche noch lange im Excipulum deutlich bleiben. Währenddem sprossen aus dem Boden des Körpers senkrecht zur Basalfläche schlauchförmige und fadenförmige Zellen in der ganzen inneren farblosen Hyphenmasse bis nahezu an das Excipulum empor und verdrängen den grössten Theil der ersteren. Die schlauchförmigen erweitern sich bald keulenförmig und werden zu den Asci; die fadenförmigen bleiben sehr dünn, überragen die Asci und gehen mit ihren Enden in die die Apothecienscheibe bedeckende schwarze Schicht, an deren Färbung dieselben theilzunehmen scheinen; sie stellen die sehr feinen Paraphysen dar. Zwischen diesen Elementen bleibt das ursprüngliche feine Fadengeflecht noch einige Zeit erkennbar. Nach Behandlung mit Kali nehmen alle Bestandtheile des Apotheciums, nicht bloss die Asci, sondern auch das die Anlage desselben darstellende feine Hyphengeflecht, und daher auch das Gewebe des Excipulum, soweit nicht die natürliche dunkle Färbung desselben dies verhindert, mittelst Chlorzinkjodlösung rasch und leicht eine intensiv und rein blaue Färbung an. Auch habe ich mitunter an den im Thallus zwischen den Gonidien befindlichen Hyphen diese Reaction nicht undeutlich eintreten sehen. Die Systematik spricht der Gattung *Arthonia* ein Excipulum ab; wenn sie die dünne schwarze peripherische Partie, die hier so genannt worden ist, mit zum Hymenium rechnet, so mag sie insofern Recht haben, als z. B. bei *Graphis* diese nämliche Partie zu einem dicken, kohligen, vom Inneren ziemlich scharf abgegrenzten Gehäuse wird, welches später über dem eigentlichen Hymenium auseinanderweicht und dasselbe oben blosslegt.

2. Arthonia epipasta Kbr.

Diese an glatten Rinden jüngerer Stämme und Aeste zahlreicher Laubhölzer, besonders der Eschen, Eichen, Ahorne, Zitterpappeln ungemein häufige Species hat nach Körber einen *„thallus l. hypophloeodes subnullus, l. epiphloeodes plerumque determinatus contiguus submembranaceus, albus l. cinerascens imo olivaceus,“* was derselbe Autor in der Anmerkung mit deutschen Worten so ausdrückt: „Im

bestentwickelten Zustande ist der Thallus dünnschorfig, reinweiss, grau oder bräunlich; in andern Fällen scheint das Periderm der Baumrinde seine Stelle zu vertreten." Das beste Merkmal bietet wieder die Apothecien Sie stehen in gleichmässigen, ziemlich entfernten Distanzen, und die zarten, linealisch verlängerten, gebogenen und oft verzweigten schwarzen Figuren, die sie bilden, lassen diese Flechte immer erkennen. Dazu kommt, dass die ebenfalls puppenförmigen, hyalinen Sporen zweizellig sind.

Auch diese Flechte kann an sehr verschieden alten Stämmchen und Zweigen erscheinen; sie kommt aber häufiger als die vorige an jüngeren Zweigen vor, an Eichen z. B schon an 4—7 Mm. dicken nicht selten; auch für sie scheint die Unversehrtheit des lebendigen Periderms die einzige Bedingung zu sein. Sie bildet gleichfalls rundliche Flecke von sehr verschiedener Grösse, die sich von dem übrigen Periderm nur unterscheiden durch eine vollkommnere, meist mit etwas Glanz verbundene Glätte und durch ein anderes Colorit. Hervorstechend ist das letztere nur dann, wenn es auf andersfarbiger Rinde in rein silbergrauer oder weisslicher Farbe erscheint, wie an der Eiche und am Ahorn, besonders aber an Zitterpappeln. Dieses Aussehen wird hervorgebracht durch die Farbe der in grösserer Menge in der äusseren Korkschicht vorhandenen Hyphen der Flechte. Sind letztere minder reichlich, so ist das Colorit mehr ein Gemisch aus Grau und der Farbe des reinen Periderms oder es ist geradezu die typische Farbe des letzteren, was auch an den genannten Bäumen zugleich vorkommen kann, also bräunlich oder rothbraun oder grünlich. An der Esche ist dies letztere sogar der gewöhnliche Fall; hier sieht der Thallus grau oder graubräunlich aus, oft mit einem Stich ins Grünliche, was von dem Durchscheinen der grünen Rinde herrührt. In solchen Fällen, wo die Hyphen nichts zur Färbung beitragen, besteht ein Unterschied des von der Flechte eingenommenen Periderms von dem nicht befallenen hinsichtlich der Farbe nur darin, dass das letztere einen unreinen Farbenton zeigt, hervorgebracht durch die zahllosen kleinen Unebenheiten, welche durch das allmähliche Ablösen der äussersten Korkzellen entstehen, sowie durch die reichlichere Ansiedelung der mehrfach erwähnten rindebewohnenden Algen- und Pilzzellen, die eben in diesen Unebenheiten sich bequem ansetzen können, während das von der Flechte bewohnte Periderm durch die Hyphen zu einer intacten, an der Oberfläche glatten Haut zusammengehalten wird, auf welcher fremdartige Ansiedelungen auffallend selten sind. Mit zunehmendem Alter des Stammes steigert sich deshalb dieser Unterschied immer mehr, indem die

Beschaffenheit des Thallus unverändert bleibt. Gewöhnlich ist aber die Flechte auch schon durch die hier sehr zeitig erscheinenden Apothecien gekennzeichnet.

Der Thallus besteht aus Hyphen, welche wiederum nur in der äusseren Korkschicht vorhanden sind und in Grösse, Gestalt und Beschaffenheit, sowie in der Art, wie sie die Korkzellen durchwuchern, denjenigen der *Arthonia vulgaris* sich ganz gleich verhalten. Bald treten sie ebenso dicht, wie bei jenen, bald minder dicht auf, so dass sie sich einzeln noch verfolgen lassen. In der Mitte des Thallus aber sind sie viel reichlicher, gegen den Rand hin verlaufen sie entfernter von einander.

Von algenartigen Elementen aber enthält der Thallus dieser Flechte niemals eine Spur, weder von Chroolepus noch von einer anderen Gonidienform, weder in den ersten Lebensstadien, noch zu irgend einer späteren Zeit, auch dann nicht, wenn die Apothecien auf ihm entwickelt sind; *Arthonia epipasta* ist eine zeitlebens gonidienlose Flechte. Man überzeugt sich hiervon mit unbedingter Gewissheit, wenn man Schnitte in der angegebenen Weise mit Kali behandelt und darauf mit Chlorzinkjodlösung prüft. Besonders sind hierzu Flächenschnitte geeignet, weil man mittelst dieser grössere Strecken des Thallus mit einem Male untersuchen kann. Man findet dann nirgends, auch nicht im Umkreise und unterhalb der Apothecien, irgend welche Algeneinschlüsse, von welchem Punkte des Thallus auch das Präparat genommen sein mag. Ich habe auf diese Weise zahlreiche Thalli dieser Flechte von verschiedenen Bäumen und von verschiedenen Standorten nach Gonidien durchsucht und immer negative Resultate erhalten. Einzelne frei auf der Oberfläche des Periderms liegende Zellen von *Pleurococcus* sind natürlich fremde Wesen gleich denen, die ausserhalb der Thalli die Oberfläche des Periderms in ungleich grösserer Menge bewohnen. Einen Zusammenhang mit den im Periderm befindlichen Hyphen der *Arthonia* haben sie nicht; nicht selten ist auch die Oberfläche des von der Flechte bewohnten überaus glatten Periderms ganz frei von ihnen.

Dass das Hyphengeflecht, aus welchem der Thallus besteht, centrifugal sich ausbreitet, ist an jungen Zweigen, die noch ein ganz unversehrtes Periderm besitzen, am Thallusrande deutlich zu erkennen, sowohl an dem allmählichen Uebergang der die Flechte anzeigenden Färbung als auch an den gegen den Rand hin immer spärlicher werdenden Hyphen. Je nach dem an einzelnen Punkten ungleich rasch fortschreitenden Umsichgreifen wird dabei der Rand mitunter mehr oder weniger gelappt. Diese Ausbreitung erreicht aber bald ihre

Grenze. An dünnen Stämmen und Zweigen ist die letztere schon durch die geringen Dimensionen dieser gegeben, und an horizontalen und schiefen Zweigen entwickelt sich der Thallus vorwiegend auf der dem Lichte ausgesetzten Seite und bildet sich an der Unterseite nicht fort, auch wenn in der Beschaffenheit des Periderms daselbst keine Hindernisse gegeben sind, was auf Einflüsse äusserer Kräfte hindeutet. An dickeren Stämmen, wo der Thallus, besonders an den lange glatt bleibenden Eschen, mitunter recht ansehnliche Dimensionen erreichen kann, ist doch seiner Ausbreitung verhältnissmässig bald eine Grenze gesetzt durch die natürliche Veränderung, welche die Oberfläche des Periderms frühzeitig annimmt. Nur das jugendliche Periderm, dessen oberste Korkzellen sich noch nicht abschuppen, sondern von den Hyphen noch zu einer gleichmässigen Haut zusammengewoben werden können, ist der geeignete Boden für die Entwickelung des Thallus. Sobald aber die Lösung jener Korkzellen begonnen hat und die Rauhigkeit der Oberfläche zugleich durch die dann stets sich einfindenden rindebewohnenden Vagabunden noch erhöht wird, ist der für die Ansiedelung der Flechte ungeeignete Zustand eingetreten. Daher ist an einigermassen dickeren Stämmchen, wo eben diese Beschaffenheit der Rinde, soweit sie noch nicht von der *Arthonia* eingenommen, bereits vorhanden ist, die weitere centrifugale Ausbreitung der Flechte begrenzt, alle erst in der zuletzt verflossenen Zeit angelegten Thalli sind klein geblieben, neu entstehende aber gar nicht mehr zu sehen. Ebenfalls begrenzend auf die Ausbreitung des Thallus wirken natürlich die vorhandenen Thalli benachbarter Individuen derselben Art, sowie anderer hypophlöodischer Species, nicht minder allerhand grobere Rauhigkeiten, wie Lenticellen, aufgesprungene Stellen, Wunden, Narben von Blättern und Zweigen.

Da der Thallus gonidienlos ist, so behält er auch zeitlebens die beschriebene Beschaffenheit bei, er wird nie zu einer dickeren Kruste und ändert seine Farbe nie, wie es bei *Arthonia vulgaris* der Fall ist; die äussere Korkschicht selbst bleibt der vorwaltende, seine Zellenstruktur nicht einbüssende Bestandtheil, in welchem nur die Hyphen verbreitet sind. Solange die Flechte lebendig ist, erhält sie auch das Periderm intact und glatt und fast frei von fremden Organismen. Besonders auffallend ist dies an Eschenstämmen, an denen oft noch wenn sie Schenkeldicke erreicht haben, unsere Flechte in schöner Entwickelung sich befindet: auf der oft schon über und über mit einem dicken Anfluge von *Pleurococcus* eingehüllten Rinde erscheinen die von der *Arthonia epipasta* bewohnten Stellen als über-

aus reine, glatte Inseln. Was oben bezüglich der *Arthonia vulgaris* über die Einwirkung auf die tiefer liegenden Zellen des Eschenperiderms bemerkt wurde, gilt in schwächerem Grade auch von dieser Flechte.

Hinsichtlich des Intactbleibens der äusseren Korkschicht scheint an allen Gehölzen, welche die *Arthonia epipasta* tragen, ein Kampf zwischen der Pflanze und der Flechte zu schweben, der früher oder später mit dem Unterliegen der letzteren endet. Denn das Dickewachsthum des Stammes bedingt ein Abstossen der ältesten äusseren Korkzelllagen, welche durch jüngere ersetzt werden. Wie sich *Arthonia vulgaris* mit ihrem tiefer in's Periderm eingreifenden, krustenförmigen, in Areolen trennbaren Thallus dagegen schützt, haben wir oben gesehen. *Arthonia epipasta* besitzt diese Mittel nicht, ihr dünner Thallus ist auf die äussere Korkschicht beschränkt, und sobald diese dem inneren Drucke nachgiebt und in Stücke zerreisst, die auch nach unten keine feste Verbindung mehr haben, geht die Flechte zu Grunde. Das geschieht keineswegs immer erst dann, wenn dieselbe sich bis zur Sporenreife entwickelt hat, vielmehr wird die Flechte sehr häufig schon vorher von dieser Katastrophe überrascht, und das ist um so eher möglich, als gerade bei dieser Graphidee vermuthlich wegen der bei dem Mangel der Gonidien überhaupt ganz abweichenden Ernährungsverhältnisse die Sporenbildung in den Ascis sehr langsam fortschreitet. Sehr häufig findet man die Asci noch ohne oder mit kaum angelegten Sporen, und auf etwas älteren Zweigen die Flechte bereits verschwunden, so dass keine sporenreife Individuen sich antreffen lassen. Dass es aber unrichtig wäre, hier die Reife der Früchte als von der Anwesenheit von Gonidien abhängig zu betrachten, geht daraus hervor, dass man ja wirklich reife Individuen findet, in denen nichtsdestoweniger keine Gonidien vorhanden sind. Die kurz keulenförmigen, durch Chlorzinkjodlösung gleich denen der *Arthonia vulgaris* intensiv und rein blau sich färbenden, im Scheitel gewöhnlich nicht ausgefüllten Asci enthalten dann meist 8 ordnungslos liegende, leicht herausschlüpfende längliche, puppenförmige, stets zweizellige, hyaline Sporen. Vielmehr hat das häufige Vergehen der Flechte vor Eintritt der Reife eben nur in den angegebenen äusseren Umständen seinen Grund.

Dieser die Flechte vernichtende Zustand des Periderms tritt an der Eiche schon an ziemlich dünnen Stämmchen und Zweigen ein; am spätesten an der Esche; an dickeren Stämmen, die noch wohl entwickelte *Arthonia vulgaris* tragen, ist aber auch hier die Flechte verschwunden. Die Erscheinungen bei diesem Vergehen bestehen darin, dass die schwarzen Striche der Apothecien undeutlich werden,

unbestimmte dunkele Flecke an ihrer Stelle zurückbleiben, und dass die Unebenheiten, die von ihnen herrühren, den allverbreiteten Rindebewohnern (*Pleurococcus* etc.) die ersten Punkte zur Ansiedelung gewähren. Dann wird auch der übrige rissig gewordene Theil des Thallus von diesen Wesen bevölkert, und die Flechte ist verschwunden.

Da die Entstehung der Apothecien bei dieser Flechte nicht wie bei *Arthonia vulgaris* von dem Vorhandensein von Gonidien abhängt, so sehen wir hier dieselben schon frühzeitig und in regelmässiger Aufeinanderfolge auftreten: die ersten erscheinen stets im Centrum des Thallus und in centrifugaler Richtung folgen die übrigen, am Rande findet man gewöhnlich kleinere, noch unvollständig entwickelte, und wenn der Thallus selbst noch in centrifugaler Ausbreitung begriffen ist, so ist eine Randzone desselben noch ganz frei von Apothecien. Die Entwickelung dieser Früchte geschieht im Wesentlichen so wie bei der vorigen Species. Ein im Grunde der äusseren Korkschicht mit ebener Grundfläche aufsitzender Körper, aus dichtverflochtenen Hyphen zusammengesetzt, hebt die darüber befindlichen Lagen von Korkzellen in die Höhe, durchbricht sie, wenn sie von etwas festerer Consistenz sind, wie z. B. bei der Eiche, oder verflechtet und vertheilt sie wohl auch in seiner oberflächlichen Partie, welche auch hier durch Färbung der Hyphen dunkel, und zwar schwärzlichgrün erscheint. Aus der Basis des Körpers drängen sich dann die keulenförmig sich erweiternden Schläuche in die farblose Innenmasse des dichten Hyphengewebes senkrecht empor; Paraphysen sind mir nicht deutlich geworden. Die Reaction der Bestandtheile des Apotheciums gegen Jod stimmt überein mit den für *Arthonia vulgaris* angegebenen.

Arthonia punctiformis Ach. schliesst sich in der Vegetationsweise innig an *A. epipasta* an. Sie kommt, oft mit ihr zusammen, an den nämlichen Holzpflanzen vor, und zwar gewöhnlich auch schon an so jungen Zweigen wie diese. Sie ist nur durch die Apothecien von ihr zu unterscheiden. Diese stehen auch hier in grösseren Distanzen als bei *A. vulgaris* und haben eine tupfenförmig rundliche Gestalt, die nur schwach ins Eckige geht, aber niemals strahlig gelappt oder sternförmig wird; sie sind niedrig und flach, schwarzgefärbt. Der anatomische Bau ist derselbe, die Asci sind ebenfalls kurz keulenförmig, die Sporen aber vierzellig, wie bei *A. vulgaris*. Mit *A. epipasta* stimmt diese Art überein in dem zeitlebens gonidienlosen Thallus, welcher ebenfalls nur aus Hyphen besteht und auch dieselbe Farbe und Beschaffenheit des Periderms erzeugt, wie jene, auch die zeitige Vergänglichkeit mit ihr theilt.

Graphis scripta Ach.

Die gemeine Schriftflechte siedelt sich ebenfalls auf glatten Rinden oder auf glatten Oberflächen von Borkenplatten an und sucht in der Regel schon etwas bejahrtere Stämme auf. Instructiv für ihre ersten Entwickelungszustände sind junge Eichstämme mit noch glattem Periderm. Hier ist die centrifugale Entwickelung des Thallus sehr deutlich. Gewöhnlich finden sich mehrere gesellig nebeneinander zerstreut, bisweilen über weite Strecken verbreitet. Jedes Individuum bildet eine im Umfange ungefähr runde, je nach Alter verschieden grosse, weissliche Kruste, die sich am Rande allmählich in das Periderm verliert, im Centrum oft schon eine Anzahl Apothecien zur Entwickelung bringt. Streng genommen sind das aber keine Individuen, denn das ringsum und zwischen diesen Thalli befindliche Periderm gehört bereits der Flechte an; wir haben hier wiederum den nur aus Hyphen bestehenden gonidienlosen Zustand derselben vor uns. Denn dieses Periderm hat eine glänzend weissliche Farbe, während das nicht von der Flechte bewohnte bräunlich aussieht. In der That ist jenes auch überall in der äusseren Korkschicht durchwuchert, sowie bei *Arthonia vulgaris*, von sehr feinen, ebenfalls höchstens 0,8 Mikr. dicken, hyalinen, unter sich verschlungenen Hyphen. Manchmal hat fast das ganze Periderm dieses Aussehen.

Auf diesem ganzen weisslichen Periderm findet nun Ansiedelung und Einwanderung von *Chroolepus* statt, unter Erscheinungen, die mit den von *Arthonia vulgaris* beschriebenen so vollkommen übereinstimmen, dass dem hier nichts weiter hinzuzufügen ist. Es sei bemerkt, dass älteres Eichenperiderm, und zwar auch an diesen von der Flechte bewohnten Stellen, häufig braune, stellenweis auch hyaline, mehr oder weniger torulös gegliederte, meist 3 bis 8 Mikr. dicke Fäden von *Dematium* trägt, welche mitunter auch zu braunen Zellenconglomeraten vergrössert sind. Diese Elemente kriechen dicht an der Oberfläche hin, dringen selbst ein wenig in die Substanz des Korkes ein, wie oben bereits erwähnt wurde. Es kommt daher auch vor, dass sie zufällig über oder neben solchen im Eindringen begriffenen Individuen von *Chroolepus* liegen oder an ein Ende derselben anstossen. Man hat dies selbstverständlich nicht als einen organischen oder genetischen Zusammenhang zu betrachten. Mit den nur im Kork wuchernden vielmal feineren und stets hyalinen, nicht gegliederten Hyphen der Flechte können sie nicht verwechselt werden. Fig. 6 zeigt, von der Oberfläche gesehen, eine Stelle solchen Eichenperiderms aus dem Umkreise eines Specialthallus mit drei getrennt

nebeneinander liegenden jungen *Chroolepus*-Ketten, durch Chlorzinkjodlösung gefärbt. Letztere sind bereits unter die Oberfläche gedrungen, nur die ältesten Punkte (x) liegen oberflächlich und bezeichnen die Eintrittsstellen der Alge. In Fig. 7 ist ein anderes Stück solchen Periderms dargestellt, auf welchem ein weiter entwickeltes, innerhalb des Korkes wucherndes Individuum von *Chroolepus* zu sehen ist, dessen Eintrittsstelle etwas von jenen fremden Pilzbildungen verdeckt wird. Das feine Hyphengeflecht der *Graphis* in den Korkzellen ist in beiden Figuren nicht ausgeführt. Man sieht hier, dass die Alge, wenn sie ins Periderm eingedrungen ist, entweder zunächst noch in mehr gestreckten wenigästigen Fäden wächst oder sogleich dendritisch sich verbreitet. Manche Individuen enthalten bereits in dieser Periode in einigen Zellen orangegelbes Oel, welches durch Chlorzinkjod schwarzblau gefärbt wird. Die im Eindringen begriffenen jungen Algenindividuen sind auch bei *Graphis* ohne Oel und ohne merkliches Chlorophyll. Wo nun solche Gonidienansiedelungen sammt dem endoperidermalen Hyphengeflecht sich kräftiger entwickeln und weiter ausbreiten, da entstehen die Anfänge der Eingangs erwähnten dicklichen, meist krustigen Lager, welche dann in dem gleichen Masse wie die Gonidien centrifugal sich weiter bilden. Unter diesen Umständen kann leicht die Meinung entstehen, dass *Chroolepus* gleich den nirgends fehlenden gemeinen Rindebewohnern ubiquistisch im Periderm vorkomme, die Flechtenhyphen aber erst secundär erscheinen und die Alge im Periderm aufsuchen, eine Vorstellung, die, wie oben angedeutet, Bornet hinsichtlich der *Opegrapha* sich gebildet hatte. Allein diese eigenthümliche Form von *Chroolepus*, wie sie für die anfänglichen Stadien der Gonidien im *Graphideen*thallus hier beschrieben wurde, fehlt an solchen Stellen, welche frei von den Thalli hierhergehöriger *Graphideen* sind; sie fehlt z. B. in dem ganzen Periderm, welches von *Arthonia epipasta* und *punctiformis* eingenommen ist, desgl. in solchem, welches überhaupt keine Flechte mit *Chroolepus*-Gonidien enthält, was nicht der Fall sein könnte, wenn diese Alge ohne Wahl in jeglichem Periderm sich ansiedelte. Vielmehr geht aus dem Vorstehenden hervor, dass auch bei *Graphis scripta* die Flechte zunächst in einem lediglich aus Hyphen bestehenden Zustande im Periderm lebt und hier erst von einwandernden Gonidien kolonisirt wird.

Einmal eingedrungen vergrössert sich die Alge durch Sprossungen bedeutend und nimmt bald als ein ziemlich zusammenhängendes Lager die tieferen Regionen der äusseren Korkschicht ein, und dringt von da aus mit einzelnen Sprossungen auch noch etwas tiefer, überall

von reichlichen Hyphenmengen begleitet. Fig. 8 zeigt dies an einem Durchschnitte durch den Rand eines Specialthallus. Man sieht, dass die Alge in den Lumina der Korkzellen sitzt und nebst den Hyphenmassen stellenweis dieselben ausweitet. In der Mitte ist auch bemerklich, wie eine kurze *Chroolepus*kette aus einer höheren in eine tiefere Korkzelle durch die Scheidewand beider hindurch dringt. Die in den tieferen Regionen ausgebreiteten Gonidien enthalten meistens orangegelbes Oel und sind bei dieser Flechte auch ziemlich deutlich chlorophyllhaltig. Doch werden auch hier mitunter einzelne Ketten beobachtet, welche ungewöhnlich schmale und gestreckte Glieder haben und in denen bald nur einzelne Zellen des gefärbten Inhalts entbehren oder welche fast ganz hyalin sind mit Ausnahme einiger dickerer und mit Chlorophyll und farbigem Oel versehener Gliederzellen. Fig. 9 zeigt einige solcher Ketten aus den oberflächlicheren Schichten einer entwickelten Graphiskruste, in welcher die einzelnen Korkzellen nicht mehr deutlich und in der Figur nicht angedeutet sind, welche aber zum Theil von den an der Oberfläche lebenden fremden braunen Pilzfäden durchwuchert ist.

Der entwickelte Thallus der Schriftflechte stellt eine derjenigen der *Arthonia vulgaris* ähnliche Kruste dar, die der Hauptsache nach aus Hyphen und Gonidien besteht, und in welcher die Struktur der Korkzellen mehr oder weniger verwischt ist. Sie nimmt auf dem von den Hyphen durchwachsenen weisslichen Areale des Periderms regelmässig allseitig centrifugal an Umfang zu, bis sie mit anderen Specialthalli zusammentrifft oder durch andere äussere Hindernisse aufgehalten wird.

Die Apothecien erscheinen hier viel später als bei *Arthonia vulgaris,* wenn die von Gonidien kolonisirte Kruste schon einen grösseren Flächenraum eingenommen hat. Daher treten sie hier auch nicht regellos auf: im Centrum der Kruste brechen die ersten hervor und schrittweise folgen, wie der Thallus centrifugal sich vergrössert, in gleicher Richtung die übrigen, so dass an dem noch in der Zunahme begriffenen Thallus eine Randzone noch frei von Apothecien ist und die äussersten derselben jünger erscheinen, als die weiter gegen das Centrum zu gelegenen.

Chroolepus.

Die Uebereinstimmung, welche zwischen den Gonidien der *Graphideen* und den in die Gattung *Chroolepus* gehörigen Algen besteht, veranlasst uns, die letzteren mit den bei jenen gefundenen Eigen-

thümlichkeiten zu vergleichen. Das an Baumrinden und altem Holze[1]) rothbraune, körnig-krustige Ueberzüge bildende *Chroolepus umbrinum* Ktz. (*Protococcus crustaceus* Ktz., *P. umbrinus* Ktz.) wurde, weil es ähnlich wie *Lepra*-Bildungen auftritt, schon von Micheli als „*Lichen crustaceus pulverulentus ruber arboribus adnascens*“ bezeichnet. Die mehrsten nach ihm kommenden Schriftsteller sind ihm darin gefolgt, Acharius gab der Pflanze sogar den Namen *Lepra rubens*. Dillenius hatte sie unter die Pilze in die Gattung *Byssus* gebracht; gleiches thaten Sprengel, welcher sie *Monilia cinnabarina*, Martius, welcher sie *Torula cinnabarina* nannte, u. A. Wallroth[2]) erkannte aber ihre Uebereinstimmung mit den Gonidien der *Graphideen* und erklärte sie für frei gewordene und für sich weiter lebende und sich vermehrende Brutzellen jener Flechten. Auch wegen der Kugelform der Zellen und deren staubartiger Anhäufung ist ihm die Pflanze wesentlich verschieden von der gleichfarbigen, aber aus Fäden bestehenden *Trentepohlia aurea* Mart. (*Byssus aurea* L.), welche er bei den Pilzen belässt. Agardh stellte zuerst für die hierher gehörigen Bildungen die Algengattung *Chroolepus* auf; ihm folgte Kützing, welcher die oben genannte Species wegen ihrer isolirten kugeligen Zellen Anfangs zu *Protococcus* stellte; später erkannte er das reihenförmige Verbundensein und brachte sie in den *Species Algarum* zu *Chroolepus*. Nach Cohn hat schon Flotow durch Uebergiessen mit Wasser aus dieser Pflanze bewegliche Zellen erhalten, und ihm selbst ist es nach mehrfachen vergeblichen Versuchen gelungen, die Schwärmsporen dieser Pflanze zu beobachten[3]), so dass er, falls die Flechtennatur derselben sich erweisen sollte, darin eine neue Fortpflanzungsweise der Flechtengonidien erkennt. Stitzenberger[4]) zeigte später die gleiche Beobachtung an, will jedoch von dem Zusammenhange mit *Opegrapha* und anderen Flechten und selbst von einer Zusammengehörigkeit des „*Protococcus crustaceus*“ und des „*Chroolepus umbrinum*,“ die er allerdings untermengt fand, nichts wissen. Auch Caspary[5]) hat die Sporenbildung bei *Chroolepus aureum* und *Ch. umbrinum* beobachtet und giebt über die letztere Pflanze einige uns interessirende nähere Details. Er hält den *Protococcus crustaceus* Cohn's nicht für die

[1]) Ich fand diese Species auch auf Gestein, an einer Mauer, wo sie der auf Rinde und Holz ganz gleich und nicht mit *Chr. Jolithus* zu verwechseln war.

[2]) Naturgeschichte der Flechten I. p. 303 ff.

[3]) Hedwigia 1852. No. 1.

[4]) Hedwigia 1853. No. 11.

[5]) Flora 1858. No. 36.

Pflanze Kützing's, weil sie einen intensiven Veilchengeruch besitze, die letztere aber geruchlos sei, sondern für identisch mit *Chroolepus odoratum* Ag., welches also das *Chroolepus betulinum* Ktz. sein würde. Ich kann dem nicht beipflichten und muss gleich hier bemerken, dass der Veilchengeruch für die Unterscheidung der Species durchaus trüglich ist. Das *Chroolepus umbrinum* habe ich allerdings auch so wie man es sammelt, immer geruchlos gefunden; nach längerem Verschluss in einer zugekorkten Glasbüchse wurde jedoch beim Oeffnen der Geruch bemerklich. Von dem rostrothen Oel, welches allerdings auch ein flüchtiger Körper ist, kann er nicht wohl abhängen, da bekanntlich der Veilchenstein seinen Duft noch von sich giebt, wenn längst seine Farbe verblichen, das Oel verflüchtigt ist. Caspary fand seine Pflanze an Allee- und Chausseebäumen (*Populus pyramidalis, canadensis, Pyrus Malus, Prunus domesticus, Sorbus aucuparia*) bei Bonn und Aachen und beobachtete Zoosporenbildung Mitte Juni und Ende Mai; es gelang ihm dies aber nicht zu derselben Zeit nach dem äusserst trockenen und heissen Frühjahr von 1858. Im Spätsommer und Herbst fand er nie Schwärmsporen. Auch hat er die Erfahrung gemacht, die sich jedem Beobachter aufdrängen wird, dass man bei diesen Pflanzen am ehesten auf Zoosporenbildung rechnen kann, wenn man die damit bedeckten Rindenstücke eine Nacht in einen feuchten Raum legt. Der *Chroolepus umbrinum* besteht nach Caspary aus einzelnen, oft jedoch aus 2—3, selten 4—7 im Zusammenhange befindlichen Zellen; verzweigte Fäden, wie sie Kützing angiebt, sah er nicht. Wohl aber bemerkte er mitunter ebenfalls die „Fasern," welche jener als aus der äusseren Wand der Zellen hervorgewachsen ansah, die nach seiner Meinung aber „vielleicht Pilzfäden gewesen sind, die aber nichts mit dem *Chrool. umbr.* zu thun haben." Die Schwärmsporen sah er in etwas grösseren, sonst von den übrigen nicht verschiedenen Zellen in einer mässigen Anzahl sich bilden. Während es ihm bei *Chroolepus aureum* gelang, die Zoosporen keimen und zu einer kurzen Zellenreihe sich entwickeln zu sehen, scheint er derartiges bei *Ch. umbrinum* nicht beobachtet zu haben. Zwar lautet die hierauf bezügliche Stelle also: „Die Schwärmsporen sanken nach längerer Bewegung zu Boden, nur wenige wuchsen zu vegetirenden Zellen heran; der Inhalt derer, welche starben, die braunen Körnchen, wurden in kürzester Zeit nach dem Aufhören der Bewegung frei und zerstreuten sich unter heftiger Molekularbewegung weit und breit nach allen Seiten." Weiter bemerkt aber Caspary: „Ein Sichfestsetzen an irgend einen Gegenstand konnte ich weder bei

Chroolepus aureum noch *umbrinum* beobachten, obgleich dies doch bei anderen Algen leicht wahrnehmbar ist; die Zoosporen beider *Chroolepus*-Arten sanken ganz einfach irgendwo nieder; solche bloss niedergesunkene Schwärmsporen, die ich unter feuchter Glasglocke auf den Objektivgläsern hielt, waren es, die ich bei *Chroolepus aureum* durch Theilung ihrer Zellen sich vermehren sah." Auch Caspary spricht sich gegen eine Beziehung dieser Algen zu gewissen Flechten aus, freilich ohne eine Vergleichung mit den Gonidien derselben vorgenommen zu haben. Erst de Bary[1]) hat wieder die Uebereinstimmung beider hervorgehoben und betrachtet das *Chroolepus umbrinum*, indem er von dem mit der Abstossung der oberflächlichen Peridermalagen zu Stande kommenden Freiwerden der Gonidienketten, sammt den sie umspinnenden Hyphen aus dem Thallus hypophlöodischer Graphideen als von einer feststehenden Thatsache ausgeht, als einen Abkömmling dieser Flechten.

Eine Vergleichung zwischen dem typischen *Chroolepus umbrinum* und den Gonidien der *Arthonia vulgaris* und *Graphis scripta* (diejenigen anderer hypophlöodischen Graphideen verhalten sich nach de Bary's Angaben und meinen flüchtigen Betrachtungen im Wesentlichen denselben gleich) lässt allerdings gewisse Unterschiede nicht verkennen, zunächst in Grösse und Gestalt. Das *Chroolepus umbrinum*, welches auf Buchenrinde in den hiesigen Auenwäldern grosse Flächen mit einer leicht zerreiblichen, körnigen, braunrothen Kruste überzieht, besteht aus ziemlich sphärischen, nur an ihren Berührungsstellen mehr oder weniger gradlinig begrenzten Zellen, welche meist zu wenigen in kurze perlschnurförmige, aber fast immer unregelmässig gekrümmte, mitunter einmal verzweigte Ketten verbunden sind. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 20 und 37 Mikrom. Die im Eindringen und in der ersten Ausbreitung im Periderm begriffenen Gonidien zeigen dagegen immer ausgeprägt kettenförmigen Zusammenhang, häufig mit regelmässiger dichotomer Verzweigung der Ketten; die Gliederzellen haben fast immer eine mehr in der Richtung der Kette gestreckte Gestalt, sind an den Verbindungsstellen genau geradlinig begrenzt, in der Mitte am breitesten, so dass ihre Form vom schmal Elliptischen ins Tonnenförmige geht, manchmal auch sehr unregelmässig wird, mit Ausnahme der Scheitelzelle, welche eine mehr oder weniger gestreckte konisch-cylindrische Gestalt besitzt. Die Grösse der Zellen ist merklich geringer: Sie haben eine Breite von meist 8, seltener bis 13 Mikrom.;

---

[1]) l. c. pag. 291—92.

die Länge schwankt zwischen 13 und 21; die dünnsten und schlanksten Formen, von denen oben die Rede war, haben bei der angegebenen Länge eine Breite von manchmal nur 5 Mikrom. Die in die tiefere Region des Periderms gelangten und daselbst zum Gonidienlager sich ausbreitenden Zellen zeigen, wie oben ausgeführt wurde, wegen ihrer Anhäufung meist nicht mehr den ursprünglich kettenförmigen Zusammenhang, sie haben hier vorwiegend isodiametrische Form, sind rundlich oder durch gegenseitigen Druck unregelmässig polyedrisch, wiewohl auch hier noch einzelne länglich tonnenförmige Zellen zu bemerken sind; ihr Durchmesser schwankt in den Grenzen 8 und 17 Mikrom.; die gestreckten werden bis 21 lang; die grösste Mehrzahl hat einen Durchmesser von ungefähr 12. In den angegebenen Dimensionen verhalten sich die Gonidien der *Arthonia vulgaris* und der *Graphis scripta* sowohl auf Esche wie auf Eiche einander gleich.

Ein anderer sehr auffallender Unterschied ist die Beschaffenheit der Membran. Das typische *Chroolepus umbrinum*, welches mir zur Untersuchung diente, hat sehr dicke und fast ausnahmslos sehr deutlich concentrisch geschichtete Membranen, welche zugleich eine Ineinanderschachtelung der Tochterzellen nach *Gloeocapsa*-Art bedingen. Gewöhnlich beträgt der Durchmesser derselben 4 bis 6 Mikrom., ich fand ihn nicht unter 3, mitunter erreicht er aber 8 Mikrom. Dagegen sind die Membranen der Gonidien, sowohl der eben eindringenden als auch der im vollkommen entwickelten Thallus vorhandenen nur 1,0 bis 1,3 Mikrom. dick und stets homogen. Auch hierin ist kein Unterschied zwischen *Arthonia* und *Graphis*. Das regelmässige Fehlen des rothen Oeles und meist auch merkbarer Mengen von Chlorophyll in den eindringenden Gonidien wäre als ein weiterer Unterschied anzuführen. Im typischen *Chroolepus* enthält das Protoplasma immer die rothen Körnchen, gewöhnlich in so grosser Menge, dass nur eine Randzone des Protoplasmas davon frei und dann meist durch Chlorophyll grün gefärbt ist; aber auch Zellen anscheinend ganz ohne Chlorophyll, nur mit rother Inhaltsmasse vollgestopft kommen häufig vor. Auch hat das Oel in den Gonidien häufig mehr eine gelbrothe, oft orangegelbe Farbe, das der freilebenden Alge ist immer intensiv rostroth.

Endlich würde zu den Unterschieden auch die Schwärmsporenbildung gehören. Zwar ist bei *Chroolepus umbrinum* sowie auch bei anderen Arten nicht jederzeit mit Sicherheit auf diese Erscheinung zu rechnen, wenn man die Alge mit Wasser unter das Mikroskop bringt; allein sie ist doch so häufig, dass sie keinem Beob-

achter entgangen ist, der sich einigermassen mit dieser Pflanze beschäftigt hat, und es kommt dazu die auffallend geringe Zeit, welche immer von der Benetzung mit Wasser bis zur Geburt der Schwärmsporen vergeht, indem dazwischen gewöhnlich nur 5—10 Minuten verstreichen. Dem gegenüber kann es nicht zufällig sein, dass noch keinem Beobachter eine Bildung von Zoosporen aus den an Durchschnitten durch Graphideenthallus blossgelegten Gonidien begegnet ist. Vorausgehende Trockenheit beeinträchtigt die Fähigkeit des *Chroolepus* Schwärmsporen zu bilden, Verweilen in feuchtem Raume begünstigt sie; man müsste also gerade bei dem vor einem stärkeren Austrocknen geschützten Aufenthalte der Gonidien im Periderm eine Begünstigung der Zoosporenbildung erwarten, wenn sonst keine Verschiedenheiten beständen. Auch ich habe diese Erscheinung hier nie gesehen.

Diesen Unterschieden gegenüber sind die Uebereinstimmungen desto grösser, und auch die ersteren schwinden mehr, wenn man das *Chroolepus umbrinum* in seiner Lebensweise genauer verfolgt und die abweichenden Verhältnisse berücksichtigt, unter denen es im hypophlöodischen Graphideenthallus lebt. Zu den wichtigsten Uebereinstimmungen gehört das Vorhandensein des rothen Oeles. Trotz der oben berührten offenbar unwesentlichen Farbennuancen wird die Identität desselben durch sein ganzes übriges Verhalten bewiesen: es tritt in den Gonidien wie im freilebenden *Chroolepus* innerhalb des Protoplasma's in verschieden grossen Körnchen auf, es ist ein flüchtiger Stoff, der in beiden Fällen bei trockener Aufbewahrung sich mit der Zeit verliert, und es hat auch in beiden Fällen die gleichen Reactionen: Unlöslichkeit in Wasser und Alcohol, Auflöslichkeit zu einer gelben Flüssigkeit in Aether, Schwarzblaufärbung durch Jod. Das Protoplasma ist meistens gleichmässig durch Chlorophyll grün gefärbt. Die Zellmembran zeigt in beiden Fällen in Chlorzinkjodlösung weinrothe Färbung, am intensivsten nach vorheriger Behandlung mit Kali.

Auch die Wachsthumsverhältnisse sind in beiden Fällen die gleichen. Zwar ist die Bildung der Ketten durch eine Scheitelzelle, welche rückwärts durch Theilung die Gliederzellen abscheidet, an den langgestreckten Ketten der Gonidien im Periderm besonders deutlich. Aber auch am *Chroolepus* sind die Endglieder der Ketten im Wachsthum und in der Theilung begriffen: sie haben die relativ dünnsten Membranen, indem sie durch ihr Spitzenwachsthum die älteren Membranschichten an ihrem Scheitel durchbrechen. Eine Theilung der Gliederzellen kommt hier gewöhnlich auch nicht mehr vor, und wo sie bemerkt wird, da ist ein Zerfall der Kette in seine

Glieder in Vorbereitung oder schon nahezu vollendet. Das kommt bei *Chroolepus* nicht selten vor und geschieht dadurch, dass die über die Grenzen der Gliederzellen hinweggehenden älteren Membranschichten zerstört und abgestossen werden und die Scheidewände der Gliederzellen sich spalten, indem sie zugleich mehr oder weniger convex gegeneinander werden. Die Gliederzellen werden dann also zu neuen Scheitelzellen. Hierauf beruht die eigentliche Vermehrung der Staubmasse des *Chroolepus umbrinum*. Auch die Verzweigung geschieht bei ihm ebenso wie bei den Gonidienketten nach gewöhnlicher Confervaceenart, indem neben dem acropetalen Ende der Gliederzelle eine neue Wachsthumsrichtung aus dieser hervorgeht; nur sind diese Verhältnisse wegen der Kugelgestalt der Glieder und der sehr unregelmässigen und gekrümmten Form der Kette hier undeutlicher. Während das Längenwachsthum der Ketten des freilebenden *Chroolepus* ein sehr träges ist, gestaltet sich seine Membranverdickung überaus kräftig, so dass auch die noch wachsenden Scheitelzellen schon ansehnlich dicke Membranen besitzen. Wir haben es hier ohnstreitig mit einer Anpassung der Pflanze an ihre Lebensverhältnisse zu thun, indem die ganz freilebende Alge eines viel grösseren Schutzes als die innerhalb des Periderms wachsende bedarf.

Das *Chroolepus umbrinum* hat die eigenthümliche Neigung, sich in seine Unterlage zu vertiefen: es dringt, wo es Ueberzüge an Baumrinden bildet, mit einzelnen Ketten in die äusseren Theile des Periderms ein. Und wo dies geschieht, ändern sich sofort seine Gestalt und Ausbildung. Die Alge sendet lange, oft ziemlich gerade, sehr wenig zur Stammoberfläche geneigte Ketten ins Periderm hinein, deren Gliederzellen nicht rund, sondern mehr länglich elliptisch, gestreckt tonnenförmig sind und welche häufig in eine schlank cylindrische Scheitelzelle endigen. Bei den auf Buche wachsenden Individuen, welche mir bezüglich des Vorigen zur Untersuchung dienten und bei denen der Zusammenhang dieser endoperidermalen Wucherungen mit den frei auf der Rinde lebenden Zellen auf das Sicherste zu constatiren ist (Fig. 10), finde ich die Gliederzellen dieser eingedrungenen Ketten meist nur 17 Mikrom. breit, aber 25 bis 37 Mikrom. lang; die schlanksten Formen sind nur 8 breit bei einer Länge von 30 und mehr; ja es kommen Zellen vor, die bei dieser Breite bis 54 Mikrom. Länge erreichen. Solche Zellen sind oft etwas geschlängelt. Manche Glieder haben auch noch eine Breite von 20 bei einer Länge von 25 bis 29 Mikrom.; überhaupt finden allmähliche Uebergänge zu den grösseren Formen statt innerhalb derselben Kette, wenn diese in ihren Anfangsgliedern noch

ausserhalb des Periderm's sich befindet. Mit der grösseren Regelmässigkeit der Ketten tritt auch die typische Form der Verzweigung, welche auch hier stellenweise vorkommt, deutlicher hervor. Wir sehen also mit der Aenderung des Mediums die unverkennbarste Annäherung an die Gestalts- und Grössenverhältnisse der eindringenden Gonidien. Dazu kommt ferner die geringere Dicke der Membran an den endoperidermalen Sprossungen — sie beträgt hier nur etwa 14, kaum noch 20 Mikrom. — sowie das Verschwinden der Schichtung. Aehnliches gilt auch vom Zelleninhalte. Zwar ist derselbe an den meisten dieser eben erst aus oberflächlichen Zellen hervorgegangenen endoperidermalen Sprossungen noch nicht verändert. Allein in manchen Zellen findet sich das rothe Oel in auffallend geringerer Menge, ja es fehlt in einigen gänzlich, und wir bemerken hier in der Zelle nur ein blassgrün gefärbtes oder auch ein anscheinend ganz farbloses Protoplasma; besonders gilt dies von manchen Scheitelzellen und wohl auch einer oder einiger ihnen zunächst liegenden Gliederzellen, wiewohl auch interstitiell zwischen rothen Zellen einzelne oder mehrere blasse vorkommen. Auch hier ist dies häufiger an den dünnsten und schlanksten Zellen, als an den breiteren. Ohne Zweifel hängt auch diese Erscheinung mit Einflüssen des Mediums zusammen.

Das freilebende *Chroolepus* dringt nicht bloss in schon vorhandene Spalten unter die sich ablösenden Schuppen der äusseren Theile des Periderms, sondern es hat auch die Fähigkeit, sich aktiv in den zusammenhängenden Zellen dieses Gewebes vorwärts zu bohren, wobei es mitunter die deckenden Korkzellplättchen in Folge seiner Volumenzunahme abhebt (Fig. 10). Zu zusammenhängenden Lagern, wie die Gonidien im hypophlöodischen Graphideenthallus, habe ich jedoch reines *Chroolepus* im Periderm sich nicht entwickeln sehen. Auf Eichen zeigte mir die Alge in jeder Hinsicht die gleichen Verhältnisse wie die so eben beschriebenen.

Aus allem geht hervor, dass die morphologischen und biologischen Verhältnisse des typischen *Chroolepus* sich innerhalb einer ziemlich weiten Sphäre bewegen, und dass alle die Eigenthümlichkeiten, welche unsere Alge als Ansiedler im Flechtenthallus zeigt, der freilebenden Pflanze keineswegs so fremd sind, wie es auf den ersten Blick scheinen mag. Die geringe Grösse und die Dürftigkeit in der Ausbildung der Membran und des Inhaltes, welche die in den Thallus eindringenden Gonidien so ausnahmslos schon in ihren ersten, an der Oberfläche des Periderms liegenden Gliedern zeigen, dürften wohl daher rühren, dass die letzteren aus Schwärmsporen hervorgehen, welche irgendwo von einem freilebenden Individuum erzeugt

werden und sich an der Oberfläche des Periderms ansetzen. Die Zoosporen des typischen *Chroolepus umbrinum* haben im Maximum eine Länge von 12 Mikrom. und wenn sie zur Ruhe gekommen sind und sich abgerundet haben, einen Durchmesser von 8—10. Diese Dimensionen stimmen in der That sehr zu den oben angegebenen Grössen der im Eindringen begriffenen Gonidien. — Dass die Alge in der Gonidienform keine Zoosporen bildet, dazu giebt uns die Thatsache den Schlüssel, dass auch das typische *Chroolepus umbrinum* immer nur die grössten und inhaltsreichsten Zellen seiner Ketten zu Zoosporangien werden lässt, wie solche im Thallus gar nicht gebildet werden, wo ja ohnehin die Zellen in kleineren Dimensionen auftreten. Wir können also alle scheinbaren Unterschiede zurückführen auf Modificationen, welche erwiesenermassen die Alge durch das veränderte Medium annimmt, und werden dazu auch die Einflüsse mit zu rechnen haben, welche durch die Beziehungen hervorgerufen werden, in welche die Hyphen der Flechte zu der eingedrungenen Alge treten, wohin wohl das lagerartige Ausbreiten der Gonidien in dem von den Hyphen occupirten Terrain gehören mag. Denn die Alge muss irgend einem günstigen Einflusse seitens der Flechte begegnen; es wäre sonst nicht zu erklären, dass sie zumal auf jüngerer Esche, wo reines *Chroolepus umbrinum* eigentlich nicht wächst, die von *Arthonia vulgaris* bewohnten Stellen aufsucht und alles Uebrige so auffallend streng meidet.

Es bliebe noch die Frage zu erörtern, ob die in den Graphideenthallus eindringenden *Chroolepus*-Zellen aus Schwärmsporen dieser Alge hervorgehen. Die Bildung und das Verhalten der Zoosporen derselben ist von Cohn und Caspary bereits beschrieben worden. Ich füge hinzu, dass die Zoosporangien an einer vorgebildeten, als ein rundes Loch von 6—8 Mikrom. Durchmesser sich öffnenden Stelle austreten. Dieselbe entsteht durch eine stärkere Verdickung der innersten Membranschicht, welche die äusseren Schichten nach aussen vortreibt und so eine Art Papille erzeugt; zuletzt weichen die äusseren Schichten an diesem Punkte auseinander und die verdickte Masse der Innenhaut löst sich auf. Das Loch bleibt auch an dem entleerten Zoosporangium, welches sich seiner derben Membran wegen lange erhält, sichtbar. Man findet oft viele solcher wirklich leerer, durch einen runden Porus geöffneter Zellen unter den übrigen; sie sind ein sicheres Zeichen, dass die Alge in der vorliegenden Probe fähig ist Zoosporen zu bilden, auch wenn es nicht gelingen sollte, solche zur Zeit der Untersuchung entstehen zu sehen. Es glückte mir mitunter nicht, an Proben, welche viele solche von Zoosporen

verlassene Zellen enthielten, die Erscheinung hervorzurufen, obgleich sie einige Zeit in einem feuchten Raume sich befunden hatten, während andere Proben, die zur nämlichen Zeit gesammelt worden waren, den Process äusserst reichlich zeigten. Wovon die Prädisposition zur Zoosporenbildung abhängen mag, lasse ich dahingestellt. Caspary's Aeusserung, dass im Spätsommer und Herbst der Process nicht stattfinde, muss ich bestreiten, da ich ihn auch im September beobachtet habe. Ausgang Winters habe ich ebenfalls Schwärmsporen reichlich gesehen, so dass wohl keine Jahreszeit ihre Bildung verhindert. Gleich nach der Geburt sind die Zoosporen elliptisch und linsenförmig abgeplattet, zeigen sowohl spärlich Chlorophyll als Körnchen des rothen Oeles, sind aber am Vorderende, welches zwei sehr lange Cilien trägt, hyalin. Sie schwimmen sehr munter über grosse Strecken dahin unter gleichzeitiger Achsendrehung, wobei abwechselnd die breiten und die schmalen Seiten sichtbar werden. Aber schon ungefähr 5 Minuten nach der Geburt erlischt die Bewegung allmählich; die Cilien, deren flimmernde Bewegung an Lebhaftigkeit verliert, werden dadurch leichter erkennbar, die Spore beschreibt kürzere, oft kreisförmige Bahnen, wobei auch mitunter rückläufige Bewegungen eintreten, bei denen das cilientragende Ende nachgeschleppt wird; zugleich rundet sie sich zu vollkommen sphärischer Gestalt ab; dann folgen sich Momente vollkommener Ruhe und wälzender Bewegung ohne eigentliche Locomotion, wobei die Cilien noch träge wellenförmige Schwingungen machen, um bald ganz in ziemlich gerade vorgestreckter oder spreizender Richtung in Ruhe zu verfallen. Der Körper zeigt zunächst noch keine Veränderung ausser der Gestalt, höchstens dass bisweilen eine Vacuole in ihm erscheint. Aber schon nach weiteren 5 Minuten tritt der Tod ein: Die Masse wird stärker körnig und verliert zugleich die scharfe Contour, von der sie bis dahin begrenzt wurde, sie löst sich in eine Anzahl rundlicher oder unregelmässiger theils farbloser, theils rothbrauner Körnchen auf. Die Cilien bleiben dabei immer noch lange vorhanden und sogar ohne Jod deutlich sichtbar. Eine Vertheilung der Körnchen unter Molekularbewegung, wie sie Caspary beschreibt, habe ich nur vereinzelt beobachtet, in den meisten Fällen blieb die Masse noch ungefähr sphärisch beisammen. Da die Geburt der Schwärmsporen aus den reifen Zoosporangien, welche in der unter das Mikroskop gebrachten Probe vorhanden sind, nicht gleichzeitig erfolgt, so tritt auch der eben beschriebene Zustand succesiv auf; aber nach 45 Minuten schon war er allerwärts vorhanden. Eine Paarung von Schwärmsporen habe ich nicht bemer-

ken können. Bisweilen verfangen sich zwei Sporen mit ihren Cilien, was sowohl die elliptischen platten, als auch die schon sphärisch gewordenen betreffen kann; die eine schleppt dann die andere fort oder beide zerren sich umher, unmittelbar sich berührend, aber eine Verschmelzung beider Körper bemerkte ich nicht, vielmehr geschieht es gewöhnlich, dass beide nach einiger Zeit sich wieder von einander befreien. Bei manchen Schwärmsporen macht das Schwinden in den nächsten Stunden noch weitere Fortschritte, indem nur einige formlose rothbraune und farblose Klumpen an der Stelle übrig bleiben, wo die Zoospore lag, wobei oft immer noch Rudimente der Cilien sich wahrnehmen lassen; dann zeigen die Reste keine Veränderung weiter. Manche behalten aber doch ihre Substanz und auch ihre volle gerundete Gestalt scheinbar unverändert, so dass man sie für lebensfähig halten kann; Umhüllung mit einer festen Membran konnte ich aber doch nicht an ihnen bemerken. Ich habe auch Schwärmsporen sowohl auf reines Periderm als auch auf solche Stellen, welche den gonidienlosen Jugendzustand der *Arthonia vulgaris* trugen, ausgesäet, indem ich dünne Oberflächenschnitte des Periderms zusammen mit *Chroolepus* in Wasser unter Deckgläser brachte. Die bald darnach geborenen Zoosporen schwärmten auch über die Oberfläche des Periderms wie gewöhnlich dahin, kamen hier in der nämlichen Zeit zur Ruhe und verhielten sich ganz so wie in anderen Fällen: manche schienen sich aufzulösen, andere verharrten in sphärischer Form unverändert. Aber auch hier kam es zu keinem Fortschritte, obgleich es durch Erneuerung des Wassers gelang, die Objekte eine Woche lang vor Fäulnissorganismen leidlich zu bewahren. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass der Misserfolg hauptsächlich in der bei dieser Alge normal ungemein langsamen Entwickelung seine Erklärung findet, welche überdies unter Verhältnissen, die von den natürlichen abweichen, wahrscheinlich noch mehr beeinträchtigt wird.

Dass *Chroolepus umbrinum* aus dem Thallus der hypophlöodischen Graphideen wieder sich befreit, wenn derselbe entweder durch Alter vergeht oder in Folge einer Veränderung des für ihn günstigen Zustandes des Periderms erschüttert wird, ist eine leicht und vielfach zu beobachtende Erscheinung. Es sei hier noch angegeben, wie er sich dabei allmählich wieder in die typische Form zurückbildet. Der Anfangs dünne, staubige rothbraune Anflug, welcher aus solchem Thallus auswittert, besteht aus isolirten sphärischen *Chroolepus*zellen von meist 12—20 Mikrom. Durchmesser; erst wenige sind bis 29 gross. Sie stehen also an Grösse hinter dem typischen *Chroolepus* beträchtlich zurück, haben gegen die Dimensionen, welche sie inner-

halb des Thallus besitzen, erst wenig zugenommen. Fast alle Zellen sind noch reichlich von denselben Hyphen und in derselben Weise überzogen wie im Thallus und hängen aus diesem Grunde meist nicht zusammen, indem sie durch ihre Hyphenhülle von einander getrennt sind. Aber vielfach hat auch schon eine Theilung dieser Zellen begonnen, durch welche die künftige Scheitelzelle der Kette gebildet ist. Die Membranen sind meist nur 1,4 — 2 Mikrom. dick und ungeschichtet; wenige Zellen haben bis 4,2 Mikrom. dicke und dann etwas geschichtete Membranen. Der Zelleninhalt ist immer wie bei der typischen Alge bereits reichlich mit rothbraunen Körnchen versehen. (Fig. 11.) Schwärmsporen habe ich aber in diesem Zustande nie sich bilden sehen, auch nicht wenn die Pflanze zu derselben Zeit gesammelt und genau gleich behandelt worden war, wie Proben von typischem *Chroolepus*, welche darnach Zoosporen zeigten. Auch entleerte, von Schwärmsporen verlassene Zellen kommen hier noch nicht vor.

Wenn solche Gonidienausbrüche älter geworden sind, so befreit sich die Alge allmählich von den Hyphen. Die letzteren finden wahrscheinlich unter diesen Verhältnissen nicht mehr ihre nöthigen Lebensbedingungen, denn sie sterben allmählich ab: ihr Inhalt zieht sich in einzelne stark lichtbrechende Kügelchen zusammen, die Umrisse der Hyphe schwinden, offenbar wegen Auflösung der Membran; sie zerfällt in die einzelnen stärker lichtbrechenden Partikelchen, die theils noch an der *Chroolepus*zelle haften, theils sich unter Molekularbewegung ablösen. So findet man Zellen, die theils mit mehr oder weniger Hyphen umgeben sind, theils schon gänzlich von denselben sich gereinigt haben. Man darf diese Hyphen nicht verwechseln mit fremden Pilzbildungen, die, wie allerwärts auf Baumrinde, so auch gar häufig zwischen *Chroolepus* vorkommen: schon die Stärke ihrer Fäden und Zellen lässt sie leicht von jenen unterscheiden, welche durch eine Dicke von nur 1,0 bis 1,4 Mikrom., durch ihre starken engen Krümmungen und kurzen knorrigen oder papillenartigen Verzweigungen, mit denen sie dem *Chroolepus* sich innig anschmiegen, als die echten lichenischen Elemente sich kundgeben. An noch älteren Gonidienausbrüchen sind diese letzteren gar nicht mehr zu finden. Die rothbraune Kruste ist dann dicker geworden, zum Beweise, dass die Alge in Vermehrung übergegangen ist. An einer solchen Wucherung, deren lichenischer Ursprung durch die noch halb erhaltenen alten Apothecien der unterliegenden Rinde und durch das stellenweise noch deutliche häufchenweise Hervorbrechen aus dem zerstörten Thallus erwiesen wird, finde ich die Zellen

bereits 20 bis 33 Mikrom. gross, sphärisch und bald einzeln, bald zu 2 zusammenhängend; ihre Theilung ist hier allgemeiner; man findet zahlreiche Zustände derselben in allen Stadien. Es trennen sich aber gewöhnlich die Tochterzellen bald von einander, indem die beiden Lamellen der Theilungswände sich convex gegen einander wölben, wodurch die Tochterzellen sich abrunden und von einanderschieben; die ältesten Membranschichten zerreissen dann über der Furchung. Wir haben also denselben Process, wie er oben vom typischen *Chroolepus* geschildert wurde. Die Membranen sind hier 2,0—4,2 Mikrom. dick und meist geschichtet, wenige Zellen haben dünnere und ungeschichtete Membranen. An wenigen bemerke ich noch Spuren der dünnen Flechtenhyphen. Schwärmsporen habe ich aber hier in reicher Menge beobachtet. Es geht daraus hervor, dass die aus dem Thallus sich befreiende Alge wieder allmählich alle ihre typischen Eigenthümlichkeiten annimmt, dass sie insbesondere auch der Zoosporenbildung fähig wird, sobald ihre Zellen wieder die hierzu erforderliche Grösse erreicht haben. Diese Rückbildung scheint, und darin zeigt sich besonders die träge Entwickelung dieser Alge, oft lange Zeiträume in Anspruch zu nehmen. Ich entsinne mich, Anfangsstadien der Befreiung der Alge aus zerfallendem Thallus an bestimmten Standorten schon vor Jahren gesehen zu haben, an denen sie gegenwärtig noch nicht merklich fortgeschritten sind.

Arthopyrenia.

Die Arten dieser angiokarpen Flechtengattung haben untereinander und mit den verwandten eigentlich nur durch die Beschaffenheit der Sporen unterschiedenen Gattungen *Microthelia* und *Leptorhaphis* grosse Aehnlichkeit. Sie leben alle an jüngeren glattrindigen Stämmen und Zweigen und an glatten Peridermstellen älterer Bäume der verschiedenartigsten Gehölze in mehr oder weniger ausgedehnten, oft unregelmässig begrenzten Flächen. Ihre zahlreichen, dem blossen Auge als schwarze Punkte erscheinenden Perithecien nisten in der äusseren Korkschicht des Periderms, aus welchem sie mit ihrem oberen Theile frei hervorragen. Das Periderm aber erscheint dem unbewaffneten Auge oft gar nicht, auch in der Farbe nicht verändert, oder es hat auch eigene Färbung.

Der Bemerkungen Tulasne's über den Bau des Thallus der „*Verrucaria epidermidis, atomaria etc.*“ ist bereits oben gedacht worden. Körber[1]) spricht bei der Gattung *Arthopyrenia* kurz

[1]) *Systema Lichenum Germaniae*, pag. 367 und 369.

von einem „*Thallus crustaceus, uniformis, plerumque hypophloeodes,*" seine näheren Angaben bei *Arthonia Cerasi* Kbr. sind aber hier wiederum unzureichend und sogar unzutreffend; denn wenn er hier sagt: „*thallus hypophloeodes dein denudatus effusus tenuissime leprosus cinerascens*" und dazu bemerkt: „Die silbergraue, glänzende Epidermis der Kirschbaumrinde wird häufig für den Thallus der Flechte angesehen; in Wahrheit aber ist derselbe hypophlöodisch und efflorescirt (um so zu sagen) erst später als ein sehr dünner, graulicher, ununterbrochener staubartiger Schorf beim Aelterwerden des Baumes aus dessen Epidermis hervor, wo dann die Apothecien mehr unkenntlich werden und endlich ganz verschwinden," so kann sich das nur auf die Zerstörung der äusseren Peridermschichten nach dem Absterben der Flechte beziehen.

Nach den Untersuchungen, die ich an vielen Exemplaren mehrerer Arten dieser Gattungen vorgenommen habe, ist die Beschaffenheit bei den meisten im Wesentlichen dieselbe. Ich will sie an *Arthopyrenia cerasi* Kbr. beschreiben. Die Stellen, welche diese Flechte auf der Rinde der Kirschbäume einnimmt, sind entweder unverändert röthlichgrau wie das normale Periderm, oder durch weisse Farbe auffallend. Betrachtet man durch tangentiale Schnitte abgetragene Stücke der äusseren Korkschicht, so bemerkt man stets braune gegliederte Hyphen von 8 Mikrom. Dicke, welche in allen Richtungen die Oberfläche und die äussern Korklagen über- und durchwachsen und in denen wir die schon mehrfach erwähnten rindebewohnenden Organismen wiedererkennen. Wir finden aber ausser ihnen ebendaselbst auch viel feinere etwa 2 Mikrom. dicke und farblose, aber sonst in gleicher Weise wachsende Hyphen, welche, wie man sich besonders durch Anwendung von Kalilauge überzeugen kann, ähnlich wie jene gegliedert sind, nur dass die Gliederzellen gestreckter und cylindrisch sind. Auch hält es nicht schwer Uebergänge zwischen beiden Formen zu finden, welche uns belehren, dass die braunen Zellreihen aus den hyalinen Hyphen dadurch hervorgehen, dass die Glieder in kürzere Zellen sich theilen und diese, indem sie ihren Durchmesser vergrössern, zugleich dickere und allmählich sich bräunende Membranen bekommen. Denn selbst die braunen Zellreihen kommen in sehr verschiedenen Dicken vor. Man glaubt anfänglich in diesen Bildungen den Thallus der Flechte vor sich zu haben, und es darf vermuthet werden, dass Tulasne damit dieselben auch gemeint hat. Sie haben jedoch auch hier mit der Flechte nichts zu thun. Dies geht schon daraus hervor, dass sie auch ausserhalb

des *Arthopyrenia*thallus überall das Periderm in dieser Weise überziehen. Auf dem noch sehr intacten glatten Periderm junger Stämmchen und Zweige sind sie spärlich, erst in der Bildung begriffen; auf älteren Peridermen aber oft so reichlich, dass die Färbung desselben dadurch mit bedingt wird. Und zwar sind sie dann an den nicht von *Arthopyrenia* bewohnten Stellen sogar häufiger. Hier ist nämlich das Periderm durch oberflächliches Einreissen mit vielen kleinen Spalten und Ritzen versehen, in denen hauptsächlich der Pilz sich ansetzt; daher die dunklere Farbe der im Allgemeinen noch glatten Peridermbänder erwachsener Kirschbäume im Vergleich mit der fast weisslichen Färbung der Oberfläche derselben an den von der *Arthopyrenia* bewohnten Stellen. An den letzteren bilden die äusseren Korkzelllagen, wie von einem unsichtbaren Bindemittel fester zusammengehalten, eine gleichmässigere glatte und sprödere Masse, die wegen der letzteren Eigenschaft nur stellenweise, aber in kurzen, scharfen, schmalen Rissen gebrochen erscheint. Wegen dieser Beschaffenheit, und weil die braunen Hyphen hier merklich spärlicher sind, haben diese Stellen ein helles Aussehen.

Nicht selten trifft man in Gesellschaft dieses braunfädigen Pilzes einzelne oder in Gruppen beisammen liegende runde grüne Zellen, die sich fast immer als gemeiner *Pleurococcus* zu erkennen geben, sowohl ausserhalb als auch auf den von der *Arthopyrenia* bewohnten Arealen. Sie liegen einfach zwischen, auf oder unter den Fäden, gern an tiefen und versteckten Punkten, ja sie lieben es sogar, unterhalb von Korkplättchen, die sich zufällig so abgelöst haben, dass fremde Körper von der Seite her unter sie gelangen können, sich anzusetzen. Zwar kommt es vor, dass dünne farblose Hyphen jenes Pilzes sich an sie anschmiegen und sie mehr oder weniger umfassen. Allein dies scheint nur zufällig zu sein, da gegen die Mehrzahl derselben der Pilz sich gleichgültig verhält und seine dünnen farblosen Hyphen in ähnlicher Weise auch an anderen auf dem Periderm liegenden kleinen Körperchen, z. B. Pilzsporen, sich anschmiegen. Ohne Zweifel hat Tulasne diese grünen Zellen für die Gonidien unserer Flechte gehalten, denn andere chlorophyllhaltige Zellen finden sich am Periderm nicht, auch dort nicht, wo die *Arthopyrenia* lebt; und die Beschreibung, die er von ihrem Vorkommen giebt, stimmt überdies mit den hier gemeinten *Pleurococcus*-Individuen genau überein. Eine genügende Bestimmung des Pilzes ist bei der unvollständigen Entwickelung, in der er sich überall nur darbietet, nicht möglich; doch ist es unzweifelhaft ein Ascomycet, wahrschein-

lich Pyrenomycet, wie deren viele so beschaffene Mycelien besitzen. Dies scheint auch durch die Acrosporenform des Pilzes bewiesen zu werden, die ich stellenweis auf dem Mycelium desselben an Kirschperiderm auffand: kurze, etwas geschlängelte, mit einigen Septa versehene, vom Periderm sich erhebende, unten farblose, oben braunwerdende Hyphen mit einer terminalen braunen *Sporidesmium*-Spore.

Die Flechte aber besteht aus viel feineren Fäden, welche in der Substanz der Korkzellen wachsen und nicht sehr deutlich erscheinen, weil sie mit jener ziemlich gleiches Lichtbrechungsvermögen haben. Von denen des Pilzes sind sie unschwer zu unterscheiden: sie haben ziemlich gleiche Dicke, sind nur etwa 0,8 Mikrom. dick, nicht gegliedert, immer farblos (mit Ausnahme der unmittelbar ins Peritheciumgehäuse übergehenden), und während jene in ziemlich geradem Verlaufe oder weiten Bogen über mehrere Korkzellen hinlaufen, beschreiben diese innerhalb des Areales einer einzigen Korkzelle zahlreiche, enge, vielgewundene Linien und haben eine Neigung netzförmig zusammen zu fliessen. Oft ist das Gewirr der Fäden so dicht, dass sie sich nicht verfolgen lassen und dass die Substanz des Korkes dadurch fast wie punktirt erscheint. Fig. 12 stellt eine Korkzelle dar, die nur erst in einem Theile einige Hyphen enthält, wo der Verlauf derselben noch zu verfolgen ist. Durch Kali werden die Hyphen etwas deutlicher. Chlorzinkjod bringt, auch nach Behandlung mit Kali, an ihnen keine merkliche Färbung hervor. Die Zugehörigkeit dieser feinen Hyphen zur Flechte wird auch dadurch bewiesen, dass sie unter allmählicher Braunfärbung und pseudoparenchymatischer Verflechtung in die Elemente des Gehäuses der Perithecien übergehen. Hiernach ist auch diese Flechte in ihren Hyphen sehr ähnlich den peridermbewohnenden Graphideen. Von gonidienartigen Elementen ist aber in diesem dünnen Hyphenlager, welches die äusseren Korkzelllagen einnimmt, nichts vorhanden. Die aussen aufliegenden vereinzelten *Pleurococcus*-Zellen stehen in keiner Beziehung zu ihm. Ihre Anwesenheit ist mehr noch als die des braunfädigen Pilzes rein zufällig; an jungen glatten Rinden fehlen sie manchmal ganz, auch richtet sich ihre Anwesenheit ohne Zweifel nach Standortsverhältnissen. Dagegen ist das eben beschriebene feine Hyphengeflecht überall zu finden, wo durch die Perithecien die Anwesenheit der Flechte angezeigt wird, gleichgültig ob es ein sehr junger, von fremden Wesen fast noch ganz verschonter Zweig oder ein älterer Stamm ist. Wir haben somit hier abermals ein Beispiel einer gonidienlosen Flechte.

Als in der Beschaffenheit des Thallus abweichender und eigen-

thümlich nenne ich folgende hierher gehörige Arten. Zunächst eine Form auf Cascarille, welche als *Sagedia planorbis* (Ach.) bezeichnet wird. Sie färbt die Rinde rein weiss; Schnitte parallel der Oberfläche zeigen die mit Luft erfüllten, ziemlich weiten, polyedrischen Korkzellen. Grüne Gebilde fehlen vollständig, aber die Korkzellen enthalten viele farblose, durch Chlorzinkjod, auch nach Behandlung mit Kali nicht merklich sich färbende Hyphen. Dieselben wachsen auf den Innenwänden, besonders den Seitenwänden der Zelle, und tapeziren dieselbe oft fast ganz aus. Sie sind zwar zum Theil nur 1,0 bis 1,4 Mikrom. dick und fadenförmig gegliedert; die meisten aber bilden eiförmige Glieder von 6,3 Mikrom. Länge und 2,0 bis 3,0 Dicke.

Von *Arthopyrenia rhyponta* Massal., welche schwärzliche Flecke auf Baumrinden bildet, standen mir zur Ansicht No. 229 der Rabenhorst'schen *Lichenes europaei,* welche von Rehm an Gipfelzweigen der *Populus pyramidalis* bei Dietenhofen in Baiern gesammelte Exemplare enthält, sowie No. 591 von Schärer, *Lich. helv.* Der Thallus besteht hier aus vielen braun- und dickwandigen, kurzgegliederten, cylindrischen Hyphen von 6,3—8,4 Mikrom. Dicke, deren Gliederzellen meist ungefähr ebenso lang als breit sind, und welche auf und innerhalb der äusseren Peridermlage in geschlängeltem Verlaufe in verschiedener Richtung in Menge neben und übereinander hinwachsen, stellenweise sogar zu einer einschichtigen Lage sich seitlich verbinden und dadurch die dunklen Flecke auf der Rinde erzeugen. Grüne Zellen fehlen hier ebenfalls, oder treten nur sporadisch wie allerwärts an der Oberfläche auf und erweisen sich daher als fremde, zufällige Gäste.

Lecanora pallida Schreb.

Der Thallus dieser Flechte ist im ausgebildeten Zustande, wie bei der Gattung überhaupt, eine Kruste von heteromerem Baue, welche frei auf der Oberfläche der Rinden verschiedener Bäume wächst. Im frühesten Entwickelungszustande ist er aber vollkommen hypophlöodisch und homöomer; erst bei weiterer Erstarkung durchbricht er die ihn bedeckende Peridermschicht und tritt unter Differenzirung in Rinde-, Gonidien- und Markschicht frei hervor. Aber auch dann behält die in centrifugaler Richtung sich ausbreitende Randzone mehr oder weniger jene Beschaffenheit bei. Weder in der descriptiven Litteratur noch in den auf allgemeine Flechtenkunde bezüglichen Schriften ist dieses eigenthümliche Verhalten

erwähnt; de Bary[1]), welcher den Bau des entwickelten Thallus verschiedener rindebewohnender Krustenflechten, unter denen auch obige Flechte sich befindet, untersucht und speciell an *Lecidella enteroleuca* beschrieben hat, deutet dies wenigstens durch die Bemerkung an, dass „die Hyphenenden der Marginalzone theilweise zwischen die äusseren Peridermlagen sich eindrängen.“ Schwendener[2]) bemerkt bei Gelegenheit des Nachweises, dass der sogenannte Protothallus vieler Krustenflechten nur die Randzone des Thallus ist, in welcher durch Differenzirung in die einzelnen Schichten der eigentliche Thallus oder die Thallusarcolen entstehen, dass er bei *Callopisma cerinum* aus isolirten oder zu lockeren Büscheln vereinigten Fasern besteht, „welche zwischen und unter den Zellen der Rinde, worauf die Flechte wächst, schlängelnd verlaufen“ . . . . „Manche derselben, welche irgendwo unter die oberflächliche Zellschicht eingedrungen sind, wuchern unterhalb derselben fort, andere scheinen in ihrem Verlaufe sich nach den kleinen Vertiefungen und Spalten zu richten, welche auf der Aussenfläche der Rinde sich vorfinden.“ In geringer Entfernung von den peripherischen Enden der Faserbüschel seien die ersten grünen Zellen, zum Theil noch vereinzelt, entweder noch ungetheilt oder bereits in Theilung begriffen zu bemerken; andere bilden kleine Gruppen, welche von Faserästen locker umflochten sind; dann folgen grössere, soredienähnliche, deutlich berindete Nester, welche zu den Thallusschüppchen sich entwickeln. Wie die ersten Gonidien eigentlich in der Randzone entstehen und wie sie dahin gelangen, giebt Schwendener nirgends an.

Der vollkommen hypophlöodische Jugendzustand unserer Flechte stellt sich am schönsten dar und erhält sich am längsten an solchen Bäumen, deren äussere Peridermlagen sehr dauerhaft sind und nicht leicht zerreissen, daher vor allen an der Eiche. Hier entsteht die Flechte meist schon an noch ganz glattrindigen Stämmen junger Bäumchen und der Thallus wächst dann oft auf ziemlich weite Strecken ganz innerhalb des Periderms, welches an diesen Stellen eine weissliche und wo Gonidien reichlicher angehäuft sind, rein hellgrüne Farbe zeigt und durch den Glanz schon dem unbewaffneten Auge seine vollkommene Erhaltung und Unverletztheit verräth. Wo der Thallus nur in dieser übrigens stets sterilen Form angetroffen wird, kann man im Zweifel sein, was für eine Flechte man vor sich hat; am allerwenigsten denkt man an die im entwickelten

[1]) l. c. pag. 252.
[2]) Flora 1866. pag. 410-411

Zustande ganz anders erscheinende *Lecanora pallida*. Dass die Bildung in der That zu dieser Flechte gehört, geht unzweifelhaft aus den Uebergangsstadien hervor, die man unter geeigneten Umständen in reichlichster Menge beobachtet. Geschützter, schattiger Standort im Unterholz scheint die längere Dauer des hypophlöodischen Lebens zu begünstigen, während im freien Stande die Flechte schneller an die Oberfläche hervortritt und ihre typische Form annimmt. An Bäumen mit dünnwandigeren und daher leichter zerstörbaren äusseren Korkzellen, z. B. an Eschen, ist der hypophlöodische Jugendzustand und eben dieses Verhalten des Randes des älteren Thallus viel rascher vorübergehend und minder deutlich. Eine lange andauernde Fortbildung des hypophlöodischen Zustandes habe ich überhaupt nur an der Eiche beobachtet, wo derselbe manchmal weite Strecken an den Stämmchen einnimmt.

Auch dieser hypophlöodische Thallus hat seinen Ort innerhalb der äusseren Korkschicht des Periderms. Wenn man durch tangentiale Schnitte abgetragene Lamellen des letzteren von der äusseren Fläche betrachtet, so bemerkt man unter einer in der Regel wohlerhaltenen und zusammenhängenden Haut von Periderm, welche, wie besonders aus Querschnitten ersichtlich, 2 bis 4 Zellenlagen dick ist, das grüne Gonidienlager der Flechte ausgebreitet. Vorläufig sei bemerkt, dass die Gonidien hier isolirte, sphärische, mit reinem Chlorophyll versehene Zellen von dem gewöhnlichen Pamellaceentypus sind, wie sie in den meisten heteromeren Flechten und auch in der typischen *Lecanora pallida* vorkommen. Zusammen mit den Gonidien bemerkt man auch die Hyphen der Flechte: auch diese gleichen denen des vollkommenen Zustandes; sie sind weit stärker als diejenigen der bisher betrachteten hypophlöodischen Flechten und darum viel leichter und deutlicher im Periderm zu erkennen, ungefähr 1,6 Mikrom. dick, spärlich gegliedert, gleichdick und geschlängelt, stets hyalin, und durch diese Merkmale unschwer von den hin und wieder und zwar mehr oberflächlich vorkommenden mehrfach erwähnten *Dematium*-Bildungen zu unterscheiden. Am Rande fehlen in einer ziemlich breiten Zone die Gonidien, der Thallus besteht dort lediglich aus Hyphen und soweit als diese reichen, hat auch das Periderm weissliches Aussehen, welches offenbar von der weissen Farbe der Hyphen herrührt. Am äussersten Rande verlaufen die Fäden einzelner, zwar regellos geschlängelt, vorwiegend aber doch in radialer, centrifugaler Richtung. Weiter rückwärts wird ihre Zahl rasch grösser; sie liegen hier eng beieinander, meist sich unmittelbar berührend, theils parallel neben,

theils sich kreuzend übereinander hinwegwachsend, eine vielfädige, aber doch nicht eigentlich verfilzte Fadenmasse bildend, in welcher trotz vieler Schlängelungen und Kreuzungen doch noch eine vorwiegend radiale Richtung nicht zu verkennen ist. Der Verlauf ist auch hier von der zelligen Architektonik des Periderms völlig unabhängig. Querschnitte zeigen die Hyphen sowohl reichlichst in den Hohlräumen, als auch in verschiedenen Richtungen die Membranen der in ihrer Struktur jetzt noch wohl erhaltenen Korkzellen durchdringend; und zwar sind sie in allen Zellenlagen der äusseren Korkschicht zu bemerken. An den einzelnen Punkten des Umfanges wächst die Randzone meist ungleich schnell; der Umriss des Thallus wird dadurch unregelmässig, manchmal der ganze Thallus buchtig oder ganz unregelmässig gestaltet. Durch alle diese Eigenthümlichkeiten erweist sich die Randzone als das, was man an vielen anderen Krustenflechten Protothallus nennt.

Die Gonidien sieht man im hypophlöodischen Thallus im Allgemeinen in einer einfachen Lage in derselben Region wie die Hyphen liegen, bald eins dicht am anderen, häufiger stellenweise eine Anzahl gehäuft beisammen und durch kleine Zwischenräume von benachbarten ähnlichen Gruppen getrennt. In dem Maasse als die Randzone weiter rückt, breitet sich offenbar auch das Gonidienlager ebenfalls hypophlöodisch weiter aus, d. h. es erscheinen auch an den Stellen Gonidien, die vorher nur von der Randzone eingenommen waren. Der Umstand, dass die Gonidien hier einfache sphärische Zellen darstellen, die nur durch Theilung an dem Orte, wo sie liegen, sich vermehren, dass sie nicht wie *Chroolepus* mittelst Spitzenwachsthums sich verlängernde durch feste Membranen sich bohrende und von Zelle zu Zelle im Kork weiter wachsende Fäden sind, lässt Angesichts des bei den Graphideen ermittelten Vorganges hier um so mehr an eine Kolonisirung des Thallus durch von Aussen an Ort und Stelle einschlüpfende Gonidien denken. Allein auch dem steht die Unmöglichkeit entgegen, dass eine sphärische Zelle, die nicht zu einem Schlauche sich verlängern kann, als solche durch die festen darüberliegenden Zellmembranen hindurch geht; und selbst wenn es sich um nackte Zellen (Schwärmsporen) handelte, würde die Sache wenig von ihrer Schwierigkeit verlieren. Mehr aber als durch diese aprioristischen Bedenken verbietet sich eine solche Annahme durch die Thatsache, dass, wie das besonders an sonst reinen Rindestellen evident ist, auch an dem sich fortbildenden Rande des Gonidienlagers die grünen Zellen sämmtlich in derselben Region wie die älteren, mehrere Zellenlagen tief unter der

Oberfläche des unverletzten Periderms liegen, keine so wie bei den Graphideen in geringeren Tiefen und noch an der Oberfläche angetroffen wird, was nicht der Fall sein könnte, wenn die zahlreichen einzeln liegenden Gonidien und Gonidiengruppen in der Nähe des Randes von einer Einwanderung ebensovieler Individuen von aussen abzuleiten wären.

Unter diesen Umständen drängt sich fast die Vermuthung auf, dass die Hyphen der Flechte, welche allerwärts hindringen, an Ort und Stelle die Gonidien durch Abschnürung erzeugen. Leicht könnten dazu auch gewisse Aehnlichkeiten zwischen jungen Gonidien und Hyphenstücken verleiten, worüber unten einige Bemerkungen folgen. Trotzdem ist diese Annahme zurückzuweisen; es lässt sich vielmehr zeigen, dass hier die Gonidien durch Theilung von einander abstammen und die Tochterzellen wirklich innerhalb des Thallus und des Periderms auf eigenthümliche Weise weiter fortbewegt werden. Wie das letztere geschieht, wird aus dem Folgenden ersichtlich werden.

Ueberall, wo die Randzone in den mit Gonidien versehenen Theil des Thallus übergeht, werden die Hyphen bedeutend zahlreicher, ihr Verlauf zugleich viel verschlungener; sie sind zu einer Masse verfilzt, in welcher der Verlauf der einzelnen Hyphe nicht mehr verfolgt werden kann, und in welcher die Gonidien nisten. Das damit zusammenhängende Dickerwerden des Thallus bewirkt, dass die Lage von Korkzellen, in welcher diese Entwickelung stattfindet und welche immer eine der tieferen der von der Flechte eingenommenen ist, ausgeweitet wird, dergestalt, dass soweit das Gonidienlager reicht, ein Zwischenraum im Periderm gebildet und vom Thallus ausgefüllt wird, die darüber befindlichen äusseren Korklagen aber als eine unversehrte, zusammenhängende Haut darüber ausgespannt bleiben. Es wird nun begreiflich, wie der Thallus, indem stetig die an das Gonidienlager angrenzenden Hyphen der Randzone die eben beschriebene Vermehrung und Verflechtung erleiden, in centrifugaler Richtung die Korklagen auseinanderdrängt, welche im Bereiche der Randzone noch mit einander im Verbande stehen. Dass und wie nun die durch Theilung vermehrten Gonidien auseinander und in jener nämlichen Richtung wirklich fortgeschoben werden, wird anschaulich, wenn man an einem tangentialen Schnitte durch die Randzone das Bild studirt, welches sich in der Anordnung und Beschaffenheit der am Saume des Gonidienlagers liegenden grünen Zellen darbietet. Nur solche Präparate sind hierzu tauglich, welche die Region, in der das Gonidienlager sitzt, vollständig enthalten. Am sichersten controlirt man, dass der Schnitt nicht durch diese Region selbst gegangen und man vielleicht einige Gonidien auf der geschälten

Rindestelle zurückgelassen hat, wenn man den Schnitt verkehrt legt. Sieht man an der dann nach oben gekehrten Innenseite das Gonidienlager von einer zusammenhängenden gonidienlosen Korklage bedeckt, so beweist dies, dass der Schnitt unterhalb der Region desselben gegangen ist. Ein solches Präparat ist in der oben bezeichneten Lage in Fig. 13 dargestellt. In der Linie i setzte sich das Gonidienlager in die älteren Partien fort, der Saum desselben liegt hier vor uns in allen grünen Zellen copirt, welche auf diesem Areale vorhanden sind. Die mit a^1, a^2, a^3 bezeichneten Gonidiengruppen sind die äussersten. Es ist nicht zweifelhaft, dass die einzelnen Zellen jeder dieser Gruppen aus einer ursprünglichen Mutterzelle abstammen. Wir sehen auch in jeder Gruppe eine Tetrade von Gonidien, aus deren kreuzweiser Stellung die letzte kürzlich vollzogene gewöhnliche tetraedrische Theilung noch zu erkennen ist. In a^1 hängen die Tochterzellen der Tetrade noch zusammen, in a^2 und a^3 aber sind sie durch das sie umgebende Gewirr von Hyphen, welches auch zwischen dieselben sich eingeschoben hat und hier allmählich erstarkt, mehr oder weniger auseinandergedrängt worden. Bei der Gruppe a^3 ist dies bereits so weit fortgeschritten, dass die vier Zellen der Tetrade um soviel sich von einander entfernt haben, wie die drei noch nicht getheilten Schwesterzellen der Tetrade unter sich und von den letzteren. Denken wir uns also die ursprüngliche Mutterzelle, aus welcher die ganze Gruppe hervorgegangen ist, an der Stelle gelegen, wo jetzt noch das dem Centrum des Thallus nächste Gonidium sich befindet, so würde die von ihr abstammende Gonidienbrut auf diese Weise nahezu um die Breite zweier Korkzellen sich in centrifugaler Richtung verbreitet haben. Auf gleiche Weise sind natürlich auch die Mutterzellen, aus welchen die drei in Rede stehenden Gonidiengruppen hervorgegangen sind, von ihren rückwärts liegenden Schwesterzellen, aus denen inzwischen auch Gonidiengruppen geworden sind, durch die Entwickelung des Hyphengeflechtes zwischen ihnen bis an ihre jetzige Stelle geschoben worden. Da nun, wie oben erwähnt, das die Gonidien einschliessende Hyphengeflecht, indem es gegen den Rand hin weiter wächst, die Korklagen auseinander treibt, so drückt es auch gleichzeitig die an seinem äussersten Saume befindlichen grünen Kugeln in der gleichen Richtung vorwärts. Die Gonidien verhalten sich also hier ganz passiv; die Hyphen sind es, welche die Verbreitung derselben im Thallus besorgen, deren sie jeglichen Längenwachsthums baar in dem festen Korkgewebe unmöglich selbst fähig sein würden.

Die Gonidien sind sphärische Zellen mit homogener, ziemlich

dünner, aber deutlich doppelt contourirter, farbloser Membran und durch Chlorophyll gleichmässig grün gefärbtem Protoplasma. In älteren Theilen des hypophlöodischen Thallus schwankt ihr Durchmesser zwischen 5 und 15 Mikrom. Die Vermehrung geschieht durch Theilung und beginnt an der noch vollkommenen sphärischen Zelle mit einer simultanen Zertheilung des Inhaltes in 3, 4 oder eine grössere Anzahl einander nahezu gleicher Portionen. Die tetraedrische Theilung in 4 Tochterzellen ist besonders häufig, seltener ist die Theilung in 3 Zellen; nicht selten aber kommen Theilungen in eine grössere Anzahl vor. Fig. 14 stellt verschiedene Formen dieses Vorganges dar. Nach geschehener Theilung wächst die Tochterzelle um ein Gewisses bevor sie sich abermals theilt. Allein es besteht durchaus keine bestimmte Grösse, bei welcher die Zelle wieder theilungsfähig wird: man sieht sowohl verhältnissmässig kleine Zellen bereits in Theilung begriffen, als auch die maximalen Grössen, welche in der Regel in Theilung begriffen getroffen werden, mitunter noch ohne jede Andeutung einer solchen (vergl. Figur); doch kommen Theilungen in eine grosse Anzahl Tochterzellen nur an grösseren Gonidien vor. Im Allgemeinen ist die Vermehrung am lebhaftesten am Rande des Gonidienlagers, daher dort die relativ kleineren Zellen vorkommen von 4,2 bis 8,4 Mikrom. Durchmesser, während die eben erwähnten oft theilungslosen Maximalformen gewöhnlich im Centrum des Thallus gefunden werden. Die Grösse der Gonidien hängt also ab erstens von dem Grössenzustande, in welchem die Mutterzelle sich theilt, und zweitens von der Anzahl der Tochterzellen, in welche sie zerfällt. Die kleinsten Gonidien resultiren aus der Theilung in zahlreiche Tochterzellen; und diese sind an Durchmesser dickeren Hyphenstellen, wie sie sich besonders in dem Geflecht finden, in welchem die Gonidien nisten, ziemlich gleich. Trotzdem lassen sie sich von solchen ohne Schwierigkeit unterscheiden, sobald sie grün gefärbt sind. Stellenweise kommen aber in dem Gonidienlager auch farblose Gonidien vor. Diese gleichen den normalen hinsichtlich ihrer Grösse, Gestalt, ihrer Theilungsformen, ihrer Membran und ihres ziemlich dichten und stark lichtbrechenden Protoplasmas ganz und gar, nur der Mangel der Färbung unterscheidet sie. Sie machen nicht den Eindruck abgestorbener Zellen, da dies mit ihrem reichen Zelleninhalte und ihren Theilungszuständen nicht vereinbar erscheinen würde. Sie sind nicht nothwendig in jedem Thallus vorhanden, und wo sie angetroffen werden, ist ihr Vorkommen ohne jede Regel: sie treten auf sowohl im Centrum als auch stellenweise am Rande des Gonidienlagers, sowohl

einzelner und zerstreut unter den grünen, als auch in kleinen zusammenhängenden Arealen für sich allein. Die kleineren dieser farblosen Gonidien sehen allerdings innerhalb des Hyphengewirres dickeren Hyphengliedern sehr ähnlich und könnten mit solchen verwechselt werden, wenn man ihre wahre Beziehung nicht kennte. Zur Annahme einer Entstehung der Gonidien aus den Hyphen können sie schon desshalb nicht verleiten, weil die chlorophylllose Gonidienform kein nothwendiger Zustand in der Entwickelung der Gonidien ist, denn sonst müsste man ihr überall am Saume des Gonidienlagers, wo thatsächlich stetige Neubildung der grünen Zellen stattfindet, begegnen, was durchaus nicht der Fall ist. Zwar treten Palmellaceen im freilebenden Zustande immer nur grün auf, doch hat das Vorkommen chlorophylloser Formen in Gesellschaft grüner nichts Befremdendes; unter den Confervaceen, Rivulariaceen und auch unter den höheren Algen ist das Vorkommen farbloser Zellen ausser den chlorophyllhaltigen weitverbreitet; aber selbst die Palmellaceen bieten für das Letztere Beispiele (*Mischococcus, Cosmocladium*). Die Erscheinung erinnert an das analoge Verhalten, welches wir bei *Chroolepus* im hypophlöodischen Graphideenthallus kennen gelernt haben.

Die fortdauernde Vermehrung des Hyphengeflechtes und der Gonidien hat früher oder später ein Zerreissen der bis dahin unversehrten Peridermdecke zur Folge. An Bäumen mit leicht zerstörbarer äusserer Korkschicht genügt dazu schon die Verflechtung der Hyphen um die ersten Gonidien, so dass hier wenig mehr als die Randzone hypophlöodisch ist. Bei der Eiche ist dazu eine stärkere Verdickung des Thallus erforderlich. An freien Standorten aber, wo die Erstarkung des Thallus und die Fructification rasch eintritt, ist mitunter auch hier schon am Saume des Gonidienlagers die Entwickelung des Hyphengeflechtes so lebhaft, dass das darüberliegende Periderm weicht; in anderen Fällen beginnt erst weiter rückwärts vom Saume des Gonidienlagers das Epiphlöodischwerden, und an Orten, wo die Bedingungen der Fructification fehlen, bleibt das hypophlöodische Verweilen auf die Dauer. Tritt jenes zweite Stadium ein, so weicht die abgehobene Peridermschicht an verschiedenen Punkten auseinander, die einzelnen Korkzellen oder Hautfetzen werden abgestossen, einige bleiben auch in die Thallusmasse verflochten an deren Oberfläche haften. Damit ist zugleich eine Differenzirung des Thallus in Schichten verbunden, er wird heteromer. Indem an der freien Seite das Hyphengeflecht oberhalb der Gonidien zu einer gonidienlosen, dichteren, keine Luft in den Interstitien enthaltenden, nach aussen hin bisweilen etwas bräunlichen Schicht sich

entwickelt, entsteht eine Rinde. Der darunter befindliche aus lockerer verflochtenen Hyphen bestehende und die Gonidien enthaltende grössere Theil des Thallus bildet die Gonidienschicht. Die grünen Zellen sind darin beträchtlich vermehrt, sie liegen jetzt auch nach allen Richtungen gehäuft neben- und übereinander. Endlich sind auch von der unteren Fläche des Gonidienlagers viele Hyphen in die zunächst darunter liegenden Lagen des Periderms eingedrungen, was während des hypophlöodischen Zustandes nicht zu bemerken ist. Dieselben können als Rhizinen betrachtet werden und vermitteln offenbar die feste Anheftung und Ernährung der nun frei gewordenen Kruste. In diesem Thallus entstehen nun rasch die Apothecien.

Da der Thallus unserer Flechte hypophlöodisch beginnt, so entsteht die Frage, wie derselbe, insbesondere wie die ersten Gonidien ins Innere des Periderms gelangen. Ich habe die kleinsten durch weissliche Farbe kenntlichen punktförmigen Anfänge von Thalli auf Eichenperiderm aufgesucht, die sich leicht mittelst eines einzigen kleinen Tangentialschnittes in ihrer Totalität abtragen lassen, und hier Erscheinungen beobachtet, welche mir eine genügende Beantwortung dieser Frage gestatten. Allerdings ist, so kleine Anfänge man auch getroffen haben mag, auch hier schon der Thallus hypophlöodisch: nach allen radialen Richtungen laufen die Fasern des Protothallus aus und im Centrum bemerkt man bereits eine Anzahl von Gonidien oder Gonidiengruppen, gleichfalls von Periderm überzogen. Aber in der Regel überzeugt man sich leicht, dass die bedeckende Peridermhaut an einer Seite abgelöst und durch die darunter befindliche Hyphenmasse etwas über das Niveau des benachbarten Periderms erhoben ist, so dass der Wundrand etwas frei liegt und einen wenn auch sehr niedrigen Zugang bietet zu dem Raume, in welchen sich die Flechte eingenistet hat und aus welchem wohl auch ihre Bestandtheile ein wenig hervorragen. Manchmal ist es eine verhältnissmässig lange Kluft oder eine durch das Fehlen einer oder einiger Korkzellen bedingte Lücke, bisweilen nur ein kurzer minder leicht aufzufindender Riss; aber eine Oeffnung ist so allgemein vorhanden, dass ihre Anwesenheit gerade über diesen Anfangszuständen des Thallus nicht bedeutungslos sein kann, während das Periderm über denjenigen Theilen des weit ausgebreiteten Thallus, welche durch hypophlöodische Fortbildung aus einem Anfangszustande hervorgegangen sind, so gleichmässig in seiner Continuität erhalten ist. Unzweifelhaft bezeichnen diese Oeffnungen die Eintrittsstelle der ersten Elemente der Flechte. Wahrscheinlich sind dieselben schon vor der Einwanderung als kleine Risse vor-

handen, wie sich dergleichen überhaupt stellenweise auf dem Periderm bemerken lassen; es ist aber nicht zu bezweifeln, dass sie durch die Flechte ausgeweitet und deutlicher werden. Algenzellen, die den Gonidien dieser Flechte gleich sind, finden sich da, wo solche Thalli im Entstehen begriffen sind, nicht selten auf der Oberfläche des Periderms, und sie zeigen eine Neigung in geschützten Stellen derselben, in Ritzen und besonders unterhalb sich ablösender Plättchen von Periderm sich anzusetzen, so dass man einzelne solcher Zellen oder kleine Gruppen derselben nicht selten schon theilweise von Periderm bedeckt sieht, wo von der Flechte noch gar nichts vorhanden ist. Es bleibt also nur die Annahme übrig, dass wo die Hyphen der Flechte die für sie geeigneten grünen Zellen antreffen, und sie werden diese ungemein verbreiteten Wesen kaum irgendwo vergebens suchen, sie sich stärker entwickeln und festen Fuss fassen, indem sie sowohl parallel der Oberfläche als auch in tiefere Korklagen eindringen und die von ihnen umstrickte Brut der sich vermehrenden Gonidien in der oben geschilderten Weise in eben diesen Richtungen im Periderm verbreiten. Einmal in letzteres eingedrungen verbreitet sich die Flechte in demselben ohne die sie bedeckende Korkschicht zu verletzen; am umfangreicher gewordenen Thallus wird man daher nur zufällig die Lücke antreffen, durch welche die Flechte eingedrungen ist.

Variolaria communis Ach.

Unter diesem Namen verstehe ich eine in den Wäldern der hiesigen Gegend, besonders an älteren Hainbuchen, sehr häufige, in dieser Form ausnahmslos sterile Flechte, deren meist ziemlich kreisrunder, häufig lederartiger, zusammenhängender, grüner Thallus der freien Oberfläche der Stämme allenthalben fest aufgewachsen ist und am Rande eine weisse, dünnere, aber ebenfalls zusammenhängende Marginalzone bildet, welche in radialer Richtung, dem Substrate innig angeschmiegt, allen Erhöhungen und Vertiefungen desselben folgend fortwächst. Nicht selten zerfällt die Kruste mehr oder weniger in weisse Soredienmassen; bisweilen aber bildet sie sich ungestört, mitunter ohne jegliche Soredienentwicklung lange Zeit fort und erreicht so oft mehr als Handgrösse. Sie wurde früher als *Variolaria communis var. orbiculata* Ach. bezeichnet und wird jetzt für einen Zustand der *Pertusaria communis* DC. erklärt. Ich lasse es dahin gestellt, ob die Unterschiede nur auf eine grössere Ueppigkeit der Thallusbildung bei *Variolaria*, welche die Ursache der Unfruchtbarkeit sein könnte, zurückzuführen sind.

Ein Querschnitt durch den mittleren entwickelten Theil des Thallus zeigt Rinde-, Gonidien- und Markschicht. Die Hyphen sind gleichdicke, stellenweise septirte, hyaline Fäden. Die Rindeschicht besteht aus einer relativ dicken Lage dicht an einander liegender, paralleler, sämmtlich in der Richtung der Oberfläche radial verlaufender Hyphen. In der Markschicht haben die Fäden im Allgemeinen den gleichen Verlauf, sind aber weniger dicht gestellt und lassen lufthaltige Interstitien zwischen sich, welche die weisse Farbe dieses Theiles bedingen. Die Gonidienschicht bildet eine zusammenhängende oder mehr in einzelne Nester gesonderte Zone, in welcher die Hyphen regellos verworren Gonidien und Gonidiengruppen umgeben und zwischen deren Zellen sich eindrängen. Die Gonidien sind auch hier sphärische Zellen von verschiedenen Grössen, mit mässig dicker Membran, gleichmässig grün gefärbtem Protoplasma und meist excentrisch liegendem Zellenkern. Im vollkommen entwickelten Theile des Thallus finden sie sich von allen Grössen, zwischen 8,4 und 16,8 Mikrom. Durchmesser schwankend; besonders sind hier die maximalen Formen vorherrschend. Theilungszustände findet man verhältnissmässig wenige, was dafür spricht, dass hier die Theilung ziemlich rasch erfolgt und die Tochterzellen sich schnell wieder abrunden. Doch gelingt es durch Zerfasern und Zerdrücken in Kali, wobei sich die Gonidien in Menge isoliren, Theilungszustände aufzufinden, die an grösseren und kleineren Zellen auftreten und im Allgemeinen dieselben Verschiedenheiten zeigen, die wir bei *Lecanora pallida* angetroffen haben; aber auch hier scheint die tetraedrische Theilung in je vier Tochterzellen der häufigere Fall zu sein. Die Befestigung des Thallus geschieht durch die untersten Markhyphen, welche alle Prominenzen der Rindenoberfläche umfassen, in alle Vertiefungen derselben sich einfüttern und zugleich alle fremden Körper, welche sich darauf befanden, insbesondere die Leichen der allverbreiteten Rindebewohner, welche vormals dort vegetirten, einschliessen.

Die Randzone ist ebenfalls vollständig epiphlöodisch. Sie besteht lediglich aus Hyphen, welche auf dem radialen Durchschnitte gerade und parallel laufen und vom äussersten Saume an nach rückwärts meist rasch an Zahl zunehmen, indem von hinten her immer neue zwischen die vorhandenen sich einschieben, so dass der Thallus entsprechend dicker wird. Von der Fläche aus betrachtet zeigt die Randzone ihre Hyphen zwar mehr oder weniger in sanften Bogen geschlängelt, doch sämmtlich radiale Richtung einhaltend. Am Saume sind sie ungleich lang, so dass einige am weitesten vor

anderen voraus sind; es macht daher auch hier den Eindruck, dass die Hyphen unabhängig von einander wachsen

Die Gonidien beginnen hinter der Marginalzone dort, wo die weissliche Farbe der letzteren in das Graugrün des Thallus übergeht. Zugleich mit ihnen tritt aber auch eine Veränderung im Hyphengewebe ein; denn ausnahmelos sieht man in derselben mittleren Region, in welcher die Gonidien liegen, die Hyphen einen regellos verworrenen Verlauf annehmen. Dieses Fadengewirr reicht nicht über die äussersten Vorposten der Gonidien hinaus, aber auch stets bis zu diesen. Rückwärts setzt es sich als continuirliche Lage durch den ganzen Thallus fort, indem zugleich die Gonidien in ihm an Zahl rasch zunehmen. Wir haben dann die vollkommene Gonidienschicht vor uns. Durch das Auftreten derselben wird die Marginalzone zugleich in die Rinde- und Markschicht differenzirt: in beiden bleibt, wie oben schon angedeutet wurde, die Beschaffenheit und der Verlauf der Hyphen unverändert.

Die hinter der Randzone beginnenden ersten Gonidien liegen meist ziemlich vereinzelt und von einander entfernt und sie sind sämmtlich auffallend kleine Formen von 6 bis 7,8 Mikrom. Durchmesser; mittelgrosse und die grössten Gonidien fehlen hier durchaus. An ebenen Stellen gelingt es leicht, durch einen Tangentialschnitt eine hinreichend grosse Partie des Randes des Gonidienlagers im Zusammenhange zu gewinnen, auf welcher die Vertheilung der ersten Gonidien überblickt werden kann, welche nach Entfernung der Luft durch Alkohol und Zusatz verdünnter Kalilauge sehr deutlich werden. Das Bild, welches sich dann darbietet, bringt uns zu der Ueberzeugung, dass auch hier die Tochterzellen der Gonidien durch das Filzgewebe auseinander gedrängt und weiter im Thallus verbreitet werden. Das ganze Gonidienlager ist umsäumt von einem ganz unregelmässigen Gürtel solcher vorgetriebener Vorposten von Gonidien, welche an den neuen Punkten, die sie gewonnen haben, nach einiger Zeit sich wieder vermehren und deren Brut dann zum Theil wieder dasselbe Schicksal erleidet. Diejenigen, welche dann nicht mehr die äussersten sind, vermehren sich weiter, häufen sich aber, da sie nicht mehr merklich von einander getrieben werden, zu kleinen Nestern an, die immer grösser werden und mit benachbarten in Berührung kommen, so dass die Gonidienschicht immer mehr von grünen Zellen, die nun auch an Grösse zunehmen, erfüllt wird. Besser als Worte vermag die unmittelbare Anschauung das eben Gesagte zu verdeutlichen, weshalb auf die Abbildung einer Partie aus dem Rande der Gonidienschicht in Fig. 15 verwiesen sein mag. Bei

der Fortbildung des Filzgewebes in centrifugaler Richtung mögen zwar Hyphen der Randzone, indem sie einen stark geschlängelten Verlauf annehmen, mit betheiligt sein; der Hauptsache nach kommt dies aber ohnstreitig auf Rechnung der eigenen Fortbildung dieses Gewebes, welches durch fortwährende Ausdehnung an seinem Rande in die parallelfaserige Randzone sich hineinschiebt und dabei immer eine Anzahl Gonidien vor sich her treibt. Denn stets sehen wir, dass die äussersten Vorposten der letzteren unmittelbar hinter sich Filzgewebe, vor sich nur die parallelen Fasern der Marginalzone haben; und stellenweise ragt eine besonders fortgeschrittene Partie jenes Gewebes mit einem Gonidium an seiner Spitze in die Randzone hinaus. So sehen wir auch hier wieder die Gonidien passiv sich verhalten und den Hyphen des Thallus die Aufgabe beschieden, sich selbst die Gonidien im Thallus zu vertheilen. Bisweilen helfen sich die Hyphen hierbei auch dadurch, dass eine mit ihrer Spitze von hinten her an das Gonidium anwächst und indem sie sich verlängert, dasselbe ein Stück weit in die Randzone hinausschiebt, was die parallelfaserige Struktur derselben und die geringe Grösse, die an dieser Stelle alle Gonidien haben, ohne Schwierigkeit gestatten. So kommt das auch anderwärts so oft gesehene Angewachsensein eines Gonidiums an der Spitze einer Hyphe zu Stande, und es hat dasselbe also ausser etwaigen Ernährungszwecken auch die hier ausgesprochene Bedeutung. Fig. 16 stellt einen solchen Fall vor. Es ist dabei bedeutungsvoll, dass das Gonidium stets an der dem Rande des Thallus zugekehrten Spitze einer Hyphe sitzt.

Im Filzgewebe, besonders um und zwischen beisammenliegenden Gonidien, zeigen die Hyphen sehr häufig eigenthümliche unregelmässige Anschwellungen, deren Unregelmässigkeit durch die vielen Krümmungen, welche die Hyphen machen, noch erhöht wird (Fig. 17). Dieselben sind bald rundlich, so dass der Faden fast torulös erscheint, bald länglich, eine grössere Strecke des Faden seinnehmend. Diese Anschwellungen haben ungefähr den gleichen Durchmesser, wie die kleineren Gonidien. In den Knäueln, welche diese Fäden mit ihren Anschwellungen bilden, sind die Gonidien in allen Grössen eingeschlossen und daselbst mit jenen ebenso innig in Berührung wie die letzteren unter sich (vgl. Fig. 17). Diese Erscheinung verleitet im höchsten Grade dazu, die Gonidien für ebensolche grün gewordene Glieder der Hyphen zu halten und hat mir früher auch diese Täuschung verursacht, zumal da das Grün mitunter wenig intensiv ist. Ich erkenne aber, dass dies lediglich durch die gerade in diesem speciellen Falle äusserliche Aehnlichkeit der

beiderlei eng verbundenen Elemente in Grösse und Gestalt hervorgebracht worden ist. Denn diese Art der Verbindung zwischen Hyphen und Gonidien ist nicht die in den heteromeren Flechten gewöhnliche, bei welcher die Hyphen als relativ dünnere Fäden die Gonidien umspinnen. Die angeschwolleneren Hyphen liegen hier gleich mit einer grösseren Fläche den Gonidien an. Auch kommt eine wirkliche Verwachsung beider hier nicht, oder doch nur selten vor, denn die Gonidien sowohl als die Hyphenglieder lassen sich in Wasser, und noch vollständiger bei Anwendung verdünnter Kalilauge durch geringes Reiben in Menge isoliren.

Es verdient bemerkt zu werden, dass die auf der Oberfläche der Rinde lebenden Palmellaceen, welche mit allen anderen auf der Rinde befindlichen fremden Körpern in den Thallus der *Variolaria* aufgenommen werden, darin nicht als Gonidien fortleben; sie sterben hier im Gegentheil bald ab und ihr Inhalt erscheint desorganisirt. Es beweist dies, dass zwischen den in der Flechte als Gonidien lebenden, einzelligen grünen Algen und den ihnen sonst gleichen frei vegetirenden, ein Unterschied hinsichtlich der Fähigkeit, mit der Flechte gemeinschaftlich zu leben, besteht. Ein specifischer Unterschied braucht das nicht zu sein; denn es liesse sich denken, dass durch lange Zeit fortgesetzte Fortpflanzung in diesen besonderen Verhältnissen allmählich gewisse Anpassungen an die Bedingungen, unter denen hier die Alge leben muss, gewonnen worden sind. Dass etwas dem ähnliches besteht, geht schon aus der Thatsache hervor, dass am Saume des Gonidienlagers sich lediglich minimale Gonidienformen finden und dass diese eben auch immer schon als kleine Zellen wiederum sich theilen, während sie im älteren Theile des Thallus merklich grösser werden, und in allen Grössenzuständen namentlich an den grösseren Formen Theilungen vorkommen. Es scheint dies eine Art Anpassung der Alge an die Verhältnisse des Flechtenthallus zu sein, durch welche die Leichtigkeit der Verbreitung der Gonidien im wachsenden Thallus, um die es sich bei den hinter der Randzone gelegenen handelt, wesentlich erhöht wird.

Anfangszustände, welche darüber Aufschluss geben könnten, wie die Hyphen und die Gonidien ursprünglich zusammenkommen, habe ich bei dieser Flechte nicht finden können. Bei der überaus reichlichen Bildung von Soredien wird wohl in den allermeisten Fällen der Thallus aus letzteren sich entwickeln. Die Gonidien würden dann also unzählige Generationen hindurch schon innerhalb der Flechte gelebt haben; und das dürfte es erklären, dass gewisse

Anpassungen derselben an die speciellen Verhältnisse dieser bestimmten Flechtenart sich ergeben haben.

Ergebnisse und allgemeine Betrachtungen.

Die vorstehenden Mittheilungen haben zunächst gezeigt, dass es eine doppelte Art giebt, wie die Gonidien im Flechtenthallus entstehen. Sie sind entweder sämmtlich Nachkommen der schon ursprünglich in dem ersten Anfange des Thallus vorhandenen Gonidien, so umfangreich und so alt derselbe auch geworden sein mag. Oder sie wandern nach und nach in zahlreichen Einzelindividuen von aussen in den wachsenden Thallus ein, vermehren sich darin aber auch, so dass die schliesslich in der Flechte vorhandenen Gonidien Nachkommen der einzelnen Kolonisten sind. Diese beiden Unterschiede sind für die Charakteristik der Entwickelungsgeschichte des Lichenenthallus in erster Linie maassgebend.

Verweilen wir zuerst bei dem weitaus gewöhnlichsten ersten Falle, so muss nach den bis jetzt vorliegenden Kenntnissen angenommen werden, dass wo es sich um Entstehung der Flechte durch Zusammentritt ihrer beiderlei Componenten (nicht aus Soredien, in denen diese Vereinigung schon vorhanden ist) handelt, dieselbe nur möglich ist, wenn die Hyphen zufällig die ihnen zusagenden Gonidien finden, was bei der Allverbreitung der betreffenden Algen leicht eintrifft. Am deutlichsten ist dieser Vorgang da, wo die Alge selbst schon einen vielzelligen Thallus darstellt, auf und in welchem sich die Hyphen nur einfach zu verbreiten brauchen, wie es besonders von *Ephebe* und *Collema* bekannt ist. Bei denjenigen Flechten, deren Gonidien dem Palmellaceentypus entsprechen, würde man dagegen bis auf die kleinsten Anfänge zurückgehen müssen, wenn es glücken soll, das Befallenwerden der Alge durch die ersten Hyphen zu sehen.

Die Art, wie nun in diesem gewöhnlichsten Falle die Alge mit dem Thallus der Flechte heranwächst, resp. sich in ihm verbreitet und zur Gonidienschicht sich entwickelt, zeigt wiederum drei verschiedene Typen. Der eine wird bezeichnet durch diejenigen Flechten, bei denen eine vielzellige Alge oder eine Algenkolonie den wesentlichen Theil des Thallus bildet, die Hyphen auf und in der Alge sich ausbreiten und ihrer Ausdehnung folgen (*Ephebe, Ephebella, Coenogonium, Cystocoleus*). Während hier die Alge, Gestalt und Wachsthum des Thallus bedingt, ist in den folgenden beiden Fällen der aus den Hyphen bestehende Theil der Flechte der das Wachsthum vermittelnde und formgebende, die Gonidien folgen ihm passiv.

hier wieder nicht das Endziel seiner Entwickelung erreichen kann, ohne Fruchtbildung wieder vergeht, wenn die betreffenden Algen ihn nicht finden.

In beiden Fällen spricht sich hiernach deutlich die Nothwendigkeit der Verbindung beider Wesen aus, um den Höhepunkt der Entwickelung des Hyphenkörpers und seine Fructification zu erreichen. Aber doch sind innerhalb dieser Hauptbedingung die Verhältnisse in beiden Fällen wieder verschieden. Die Abhängigkeit der Hyphen von den Gonidien ist im ersten Falle eine äusserst strenge. Die Gonidien sind hier eine nothwendige Bedingung schon für die allererste Entwickelung des Thallus: Niemand hat je mit Sicherheit auch nur den kleinsten Anfang eines solchen Flechtenthallus ohne Gonidien gesehen. Die Nothwendigkeit der Beziehung liegt hier offenbar in Ernährungsverhältnissen: die Hyphen können gewisse zu ihrer Ernährung erforderliche Stoffe nur von den Gonidien empfangen, und hier sind wir berechtigt, an der gegenwärtig für die Lichenen überhaupt geläufig gewordenen Vorstellung festzuhalten, wonach der von den Hyphen gebildete Bestandtheil, ein Pilz aus der Abtheilung der Ascomyceten, als echter Schmarotzer die die Gonidien vorstellenden Algen befällt. Anders im zweiten Falle. Hier entwickeln sich die Hyphen bereits zu einem Thallus von oft ansehnlicher Ausdehnung, ehe noch ein Gonidium von der der Flechte eigenen Art in demselben vorhanden ist, an reinen Rindestellen sogar bei Abwesenheit jeglicher fremdartiger zufällig auf der Rinde lebender grüner Algenzellen, so dass bei dem streng nur in den äusseren Theilen des Periderms wachsenden Thallus eine parasitische Ernährung im Sinne des ersten Falles entschieden ausgeschlossen ist, vielmehr das noch gonidienlose Wesen hinsichtlich seiner Ernährung genau unter denselben Bedingungen sich befindet, wie jeder andere auf oder im Periderm höherer Pflanzen lebende Pilz. Seinem Wirth gegenüber kann es nicht wohl als Schmarotzer angesehen werden. Richtig ist zwar, dass die hypophlöodischen Flechten, um die es sich hier handelt, nur im Periderm lebender Theile vorkommen, allein dabei sind jedenfalls nur physikalische Zustände Ausschlag gebend, welche die Flechte nur in solchem Periderm findet. Denn sie dringt mit keinem ihrer Theile in die tieferen eigentlich lebendigen Gewebeschichten, ja sie wird an älteren Bäumen sogar in glatten Oberflächen von Borkenplatten gefunden, also in Theilen, die unzweifelhaft abgestorbenes Gewebe sind und wo die Hyphen sich nur ernähren können aus den Theilen der Korkzellmembranen, die sie, indem sie in denselben sich Bahn brechen, auflösen. Aber

in einem zweiten Lebensstadium ändert die Pflanze ihre Ernährungsverhältnisse, oder vielmehr es machen sich für die in diesem Stadium zu erzeugenden Bildungen, d. i. für die Fructificationsorgane, andere Nahrungsquellen nöthig, welche der Pilz nur in den Gonidien findet. Es mag dies zusammenhängen mit dem ungleich höheren Bedarf an assimilirten Stoffen zur Bildung der Apothecien mit ihren Asci und Sporen. Die Untersuchungen haben erwiesen, dass die Anlage der Apothecien immer erst dann erfolgt, wenn und auch ausnahmslos nur an solchen Stellen, wo die Gonidien in den Thallus eingewandert sind. Man könnte das Verhältniss vielleicht so ausdrücken, dass der Pilz im ersten, vegetativen Stadium Saprophyt, im zweiten fructificirender Parasit ist.

Von diesem Falle ist dann nur noch ein Schritt bis zu dem Verhältniss, wo der Thallus überhaupt gar nicht von Algen kolonisirt wird, wo die Flechte zeitlebens gonidienlos bleibt, auch ihre Fructification nur bei saprophyter Ernährung, ohne Betheiligung chlorophyllhaltiger Organe zu Stande kommt, wie wir dies bei *Arthonia epipasta*, *A. punctiformis* und bei den Verrucarieengattungen *Arthopyrenia* und Verwandten gefunden haben. Somit giebt es für die drei bei den Lichenen überhaupt denkbaren Ernährungsverhältnisse auch wirklich concrete Fälle.

Diese Betrachtungen führen uns zu der gegenwärtig viel discutirten Flechtenfrage, die wir Eingangs berührt haben, und in der That liefern die vorliegenden Ergebnisse einiges Material, welches geeignet ist hierbei mit in die Wagschale gelegt zu werden. Gleich Th. Fries erklärt neuerdings Körber ausdrücklich den Besitz von Gonidien als das einzige Kriterium aller Flechten[1]), indem er die in anderen Flechten schmarotzenden sogen. *Pseudolichenes* jetzt zu den *Ascomyceten* rechnet. Das Gonidium ist ihm ein nothwendiges Organ, ein integrirender Bestandtheil des Flechtenkörpers; es kann wohl zeitweilig für sich allein ausserhalb des letzteren vegetiren, wird aber doch zuletzt wieder einmal von einem Individuum seiner specifischen Flechte gefunden, und es stellt sich das alte Verhältniss wieder her. Für Körber ist das Gonidium das eigentlich lichenische; ja er ist sogar so weit gegangen manchen Flechten eher die Hyphen abzusprechen, was sich jedoch als unrichtig erwiesen hat[2]).

Die Sachlage ist vielmehr die umgekehrte: Die Hyphen sind der

---

[1]) Zur Abwehr etc. pag. 10.
[2]) Vergl. Winter, Flora 1875, No. 9.

keiner Flechte fehlende Bestandtheil, wofür auch die vorliegenden Untersuchungen weitere Belege beigebracht haben; aber nicht alle Flechten besitzen Gonidien. Und diese letztere Thatsache nimmt meines Erachtens den Anti-Schwendenerianern auch den letzten Grund, den sie für ihre Ansicht vorgebracht haben. Nahe lagen die Grenzen der Ascomyceten und der Lichenen stets, aber so lange generische Unterschiede noch eine Trennung beider gestatteten und so lange die eigenthümlich lichenischen Typen, deren sämmtlichen Angehörigen man Gonidien zuschrieb, von den Ascomyceten ausgeschlossen blieben, mochte eben unter Voraussetzung des Gonidienkriteriums die Sonderstellung eine gewisse Berechtigung haben. Gegenüber der Thatsache aber, dass der eigenthümliche Graphideentypus sowohl mit als ohne Gonidien auftritt, dass innerhalb einer ihrer Fruchtbildung nach sehr natürlichen und scharfbegrenzten Gattung, *Arthonia,* sowohl gonidienführende als gonidienlose Arten vorkommen, zumal dass von *Arthonia vulgaris* und *A. punctiformis,* zwei Arten, die im Bau ihrer Apothecien, Asci und Sporen die grösste Uebereinstimmung zeigen, die eine mit Gonidien versehen, die andere gonidienlos ist, dieser Thatsache gegenüber muss jeder Einwand dagegen verstummen, dass die Flechten und die Ascomyceten zusammen ein einziges, untrennbares systematisches Ganze im Pflanzenreiche bilden.

Der Besitz oder der Mangel von Gonidien bei diesen Pilzen ist aber ein systematisch so untergeordnetes Moment, dass man sogar innerhalb einer und derselben Gattung Arten mit und ohne Gonidien findet. Und der bisher scheinbar so schroffe Unterschied des Vorhandenseins und des Fehlens von Gonidien in einem aus Hyphen bestehenden Thallophyt wird durch die Auffindung des bei den gonidienführenden Graphideen bestehenden Verhältnisses, dass der Thallus normaler Weise eine zeitlang ohne Gonidien sich entwickelt und erst in einer späteren Periode dieselben enthält, wesentlich gemildert.

Wer nicht mit einer gewissen Voreingenommenheit an die Frage herantritt, vermag nicht einzusehen, wie von lichenologischer Seite mit einer Ereiferung dafür eingetreten werden kann, dass es durchaus nicht so sein darf. Die Ascomyceten, welche sich gewisser Algen zu ihrer Ernährung bedienen, sind nach wie vor selbständige Species, deren systematische Behandlung die unveränderte Aufgabe der Lichenologie bleibt.

Die hier dargelegten Verhältnisse sind auch für die Biologie der Pflanzen im Allgemeinen von Interesse. Man bezeichnet die Bezie-

hung der Flechtenhyphen zu den Gonidien meist schlechthin als Parasitismus und drückt damit allerdings nichts thatsächlich unrichtiges aus. Aber das Verhältniss ist doch etwas mehr als blosser Parasitismus in dem gewöhnlichen Sinne, denn wenn wir von den ganz oder Anfangs gonidienlosen Flechten absehen, so sind hier Schmarotzer und Wirth von Anfang an vereinigt zu einem gleichsam einheitlichen neuen Organismus, den keiner der beiden Theile für sich allein zu bilden vermag, und wo beide Genossen sich in die Ernährungsarbeit theilen. Denn so sicher wie es ist, dass z. B. in den auf nacktem Gestein wachsenden Lichenen die Gonidien die kohlenstoffhaltigen ersten Assimilationsprodukte für die ganze Flechte herstellen, so wenig darf verkannt werden, dass die völlig im Flechtenkörper eingeschlossenen sehr stark sich vermehrenden Gonidien alle ihre anderweiten Nährstoffe durch die Hyphen zugeführt erhalten müssen, ebenso wie es bei den neuerdings bekannt gewordenen parasitischen Algen in Organen und Geweben höherer Pflanzen, die unter ganz analogen Verhältnissen leben, der Fall ist. Körber mag daher ganz Recht haben, wenn er in der zwischen den Gonidien und den sie umspinnenden Hyphen sich herstellenden organischen Vereinigung nicht sowohl eine Einrichtung zur Beraubung der Gonidien als zugleich zur Ernährung derselben erblickt. Daher ist die Erscheinung auch nicht völlig in Parallele zu stellen mit den durch manche Schmarotzerpilze und besonders durch gallenbildende thierische Parasiten an ihren Wirthen hervorgebrachten Hypertrophien, mit denen sie äusserlich das gemein hat, dass hier ebenfalls aus der Vereinigung zweier Organismen eine Bildung von durchaus neuer eigenthümlicher Form resultirt (Hexenbesen der Weisstanne, *Euphorbia Cyparissias* mit *Aecidium Euphorbiae,* Blüthen und Fruchtknoten von *Capsella* u. a. mit *Cystopus candidus,* Taschen der Pflaumen, durch Insekten, Milben und Anguillulen erzeugte Gallen); denn hier liefert der Parasit zur Ernährung dieser neuen Gebilde keinen materiellen Beitrag. Ein biologisches Verhältniss aber, wo der Parasit auch umgekehrt für die Ernährung seines Wirthes sorgt, erheischt eine andere Bezeichnung als Parasitismus. Biologisch noch eigenthümlicher aber gestaltet sich das Verhältniss bei den hypophlöodischen gonidienführenden Graphideen, insofern hier — wenn man an der seit Schwendener geläufig gewordenen Vorstellung festhält — die Nährpflanze (Gonidien) sich selbst ihren Parasit (den Hyphenkörper der Flechte) aufsucht und in denselben eindringt, ein Verhältniss, dessen in der ganzen organischen Schöpfung Unerhörtes und Paradoxes in die Augen springen würde. Vielmehr stellt sich

offenbar dieses letztere Verhältniss den in höheren Pflanzen lebenden Algen unmittelbar an die Seite, so dass man, wie es hinsichtlich der letzteren ja allgemein geschieht, vielmehr umgekehrt die eindringende Alge den Schmarotzer, den Pflanzenkörper, der sie aufnimmt, die Nährpflanze nennen könnte.

Indem ich die Kenntniss der sogenannten parasitischen Algen, welche Reinke im Stamm von *Gunnera* und in den Wurzeln von *Cycas*, Janczewski im Laub von *Anthoceros* und *Blasia*, Strasburger in den Blatthöhlen von *Azolla*, Cohn in *Lemna trisulca* und in *Polyides* aufgefunden haben, hier voraussetze, will ich nur der Urtheile kurz gedenken, welche die betreffenden Schriftsteller über dieselben gefällt und wie sie dieselben mit den Gonidien der Flechte verglichen haben. Reinke[1]) äusserte sich Anfangs über das *Nostoc* in *Gunnera* also: „Betrachten wir diese Bildung unter dem Gesichtspunkte der neueren, durch de Bary und Schwendener begründeten Theorie des Flechtenthallus, so verhalten sich die Gonidien von *Gunnera* genau umgekehrt, wie die der Flechten." Später[2]) bediente er sich für das Verhältniss bei den Lichenen, wo die zusammenlebenden Organismen sich wechselseitig ernähren, des von Grisebach[3]) vorgeschlagenen Namens Consortium; doch will er davon die Algen der *Gunnera* ausgeschlossen wissen, welche nach seiner Auffassung ausschliesslich auf Kosten dieser Pflanze leben und nicht einmal selbst assimiliren (?). Bei Janczewski[4]) finden wir dagegen hinsichtlich der Verhältnisse bei den Lebermoosen schon folgende Bemerkungen: „Physiologisch betrachtet ist das entophyte *Nostoc* ein chlorophyllhaltiger Parasit, welcher jedenfalls seine rohen Nährstoffe aus dem Thallus von *Anthoceros* bezieht. Seine Beziehung zum *Anthoceros* ist also ungefähr dieselbe wie die der Gonidien heteromerer Flechten zu den Hyphen. Der *Anthoceros* steht aber zu *Nostoc* in ganz anderer Beziehung als die Hyphen zu den Gonidien; er bedarf von *Nostoc* gar nichts und bezieht von ihm weder rohe noch assimilirte Stoffe. Beide Organismen können selbstständig leben, was beim Pilz einer Flechte nicht der Fall ist." Auch Leitgeb[5]) äussert sich betreffs *Blasia* ähnlich: „Diese

---

1) Sitzungsber. d. königl. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen 2. December 1871; Bot. Zeitg. 1872, No. 4; später in: Morphologische Abhandlungen, Leipzig 1873, pag. 92—97.

2) Morphologische Abhandlungen, pag. 95.

3) Göttinger Nachrichten 1872, pag. 108. 4) Bot. Zeitg. 1872, No. 5.

5) Untersuchungen über die Lebermoose. I. *Blasia pusilla*. Jena 1874, pag. 23—25.

die *Nostoc*-Kugel durchsetzenden Schläuche vermitteln zweifellos ein innigeres Wechselverhältniss zwischen den beiden Organismen und haben für beide vielleicht dieselbe Bedeutung wie die farblosen kugeligen Zellen in den entophyten *Nostoc*-Kolonien von *Anthoceros*. Ob, wie Janczewski meint, ausschliesslich nur *Nostoc* aus diesem Zusammenleben Nutzen zieht, ob nicht vielleicht *Anthoceros* wie *Blasia* die *Nostoc*-Gallert bei Trockenheit und Dürre gewissermassen als Wasserreservoir benutzen, mag dahingestellt bleiben; gewiss ist, dass die *Nostoc*-Ansiedelungen der Tragpflanze in keiner Weise schädlich werden.“ . . . . „Aber bei *Blasia* ist die Verbindung der durch die Verzweigung der Innenpapille entstandenen Schläuche mit der *Nostoc*-Kugel noch eine weit innigere und erinnert geradezu an den Aufbau des Flechtenthallus.“ Noch weiter geht endlich Strasburger[1]; er sagt: „Liesse sich in dieser eigenthümlichen Höhlung auf der Blattfläche (von *Azolla*) nicht vielleicht eine besondere Anpassungseinrichtung erblicken, bestimmt das *Nostoc* aufzunehmen? Ich werde in dieser Annahme durch die Haare bestärkt, welche der Epidermis im Innern der Höhle entspringen und die *Nostoc*schnüre durchsetzen.“ . . . . „Man sollte fast glauben, dass die *Nostoc*schnüre den Blättern der *Azolla* in ihrer Assimilationsarbeit behülflich sind und somit in gewisser Weise eine ähnliche Rolle in denselben wie im Innern des Flechtenthallus spielen.“

Es kann nicht verkannt werden, dass eine vollständige Analogie zwischen diesen sogenannten parasitischen Algen und dem bei den gonidienführenden Graphideen ermittelten biologischen Verhältnisse besteht: in beiden Fällen sind es Algen, welche zwar vielfach frei für sich leben, aber mit Vorliebe die Körper gewisser anderer Pflanzen aufsuchen, in dieselben eindringen, um innerhalb derselben weiter zu leben und sich beträchtlich zu vermehren. Was dort Blätter, Stämme und Wurzeln höherer Pflanzen sind, ist hier das fertig gebildete Mycelium bestimmter Ascomyceten. Der einzige Unterschied, dass im letzteren Falle der die Alge aufnehmende Organismus chlorophylllos ist, steht offenbar erst in zweiter Linie. Jedenfalls stehen die Gonidien der Graphideen den parasitischen Algen der höheren Pflanzen ungleich näher als den Gonidien der übrigen Flechten, und durch sie ist die Brücke geschlagen zwischen den beiden bisher unvermittelten Fällen, die einerseits in den Gonidien der Flechten, andererseits in den parasitischen Algen höherer Pflanzen gegeben sind. So erscheint das Auftreten von Algen als Gonidien im Körper ge-

---

1) Ueber *Azolla*. Jena 1873, pag. 39 – 40.

wisser Ascomyceten nur als ein specieller Fall eines über das ganze Pflanzenreich in mannichfaltigen Formen verbreiteten merkwürdigen biologischen Verhältnisses, in welchem sich eine grosse Anzahl verschiedener Algen den Körpern anderer Pflanzen gegenüber gefällt.

Dass bei diesem Zusammenleben, welches so weit über das Pflanzenreich verbreitet ist, die Natur in den Rollen, die sie jedem der beiden Theile giebt, nicht nach einem starren Schema verfährt, sondern dass sich dies nach den besonderen Verhältnissen und Bedürfnissen in jedem Einzelfalle richtet, das müssen wir schon von vornherein erwarten. Ueber das Nähere dieser Beziehungen befinden wir uns aber noch fast ganz auf dem Gebiete der Hypothesen; die obigen Angaben der Schriftsteller haben schon die Möglichkeiten zum Theil berührt. Wo der Wirth selbst assimilirt (die Wirthe der eigentlichen parasitischen Algen) oder saprophyt von vorgebildeten organischen Verbindungen ernährt wird (rindebewohnende Graphideen) sind überhaupt 3 Eventualitäten vorhanden. Erstens könnte die assimilirende Alge ihre erarbeiteten Assimilationsproducte für sich allein behalten, oder zweitens sie könnte auch einem solchen Wirthe, vielleicht dem Organe, in welchem sie wohnt und welches für sie besonders vergrössert und eingerichtet werden muss (*Blasia*, *Azolla*) von ihren Assimilationsproducten einen Nahrungsbeitrag zukommen lassen, oder drittens könnte die Alge von einem solchen Wirth ausser den rohen Nährstoffen auch einen Beitrag an assimilirten Stoffen empfangen. Wo der Wirth weder selbst assimilirt, noch saprophyt ist (echte Lichenen), da muss natürlich die Alge allein mit ihrer Assimilation für beide Theile einstehen. Welche dieser Eventualitäten bei den untersuchten gonidienführenden Graphideen zutrifft, muss dahin gestellt bleiben. Bei dem Vorkommen ganz gonidienloser Graphideen auf Baumrinde ist diese Frage mit grosser Vorsicht zu behandeln, um so mehr als selbst die gonidienführenden Arten ihren Thallus bis zu einer gewissen Grösse ohne Gonidien entwickeln. Da das Auftreten der Apothecien von dem Vorhandensein der Gonidien abhängt, so scheint mir allerdings der Pilz einen gewissen materiellen Nutzen aus seinem Miether zu ziehen. Es ist mir nämlich trotz vielen Suchens nie gelungen an der noch gonidienlosen *Arthonia vulgaris* Anfänge von Apothecien zu finden. Einige Male habe ich in einem Thallus, der erst partiell von *Chroolepus* kolonisirt war, auf Strecken, welche noch grünlich gefärbt waren, bereits schwarze Flecke beobachtet, die auch in der That als Apothecienanfänge, nämlich als äusserlich sich schwärzende Anhäufungen von Hyphengeflecht, sich erwiesen. Die mikroskopische

Prüfung zeigte aber in der unmittelbaren Umgebung derselben einzelne eingedrungene *Chroolepus*-Individuen, ganz abgesehen davon, dass solche Erscheinungen nur an Thalli vorkommen, welche bereits an anderen Stellen die durch die eingewanderte Alge bedingten weisskrustigen Flecke gewöhnlich mit Apothecien zeigen. Vollständig gonidienlose Thalli mit Apothecien habe ich nicht gesehen. Berücksichtigt man ausserdem die gewöhnliche Erscheinung, dass die ersten kleinen weisskrustigen Flecken auf weiten Strecken des Thallus einzeln und zerstreut auftreten und bestimmt nur in diesem ein Apothecium zum Vorschein kommt, so wird man zu der Ueberzeugung gedrängt, dass ein nothwendiger Zusammenhang zwischen der Bildung der Apothecien und der Anwesenheit der Gonidien besteht.

Nach den erweiterten Kenntnissen, die wir in den letzten Jahren über das Zusammenleben zweier verschiedenartiger Wesen gewonnen haben, ist es ein dringendes Bedürfniss, die einzelnen von einander abweichenden Formen dieser Verhältnisse mit besonderen Bezeichnungen zu belegen, da man fast für alle bisher den Ausdruck Parasitismus gebrauchte. Wir müssen sämmtliche Fälle, wo überhaupt ein Auf- oder Ineinanderwohnen zweier verschiedener Species stattfindet, unter einen weitesten Begriff bringen, welcher die Rolle, die beide Wesen dabei spielen, noch nicht berücksichtigt, also auf das blosse Zusammenleben begründet ist, und wofür sich die Bezeichnung S y m b i o t i s m u s empfehlen dürfte. Dieses Verhältniss zeigt nun in der organischen Schöpfung verschiedenen Charakter, indem wir mehrere Stufen von dem lockersten Verhältnisse bis zur innigsten und nothwendigen Verbindung beider Wesen unterscheiden können. Die niedrigste Stufe würde das sein, was P s e u d o p a r a s i t i s m u s genannt werden kann und alle die Fälle begreift, wo das Auf- oder Ineinanderwachsen zweier Wesen durch den Zufall bedingt, für keins der Beiden nothwendig ist, indem keiner durch den andern ernährt wird, vielmehr nur eine mechanische Verbindung besteht, so dass auch lebloses Substrat den tragenden Organismus ersetzen kann. Hierher gehören die zahlreichen *Diatomaceen*, *Protococcaceen*, *Confervaceen* und kleineren *Fucoideen* und *Florideen*, welche auf grösseren Wasserpflanzen festsitzen, unter den höheren Gewächsen der an Baumstämme sich anheftende Epheu, die auf Bäumen wohnenden tropischen *Orchideen* u. a. Fälle. Ausser diesen Epiphyten gehören hierher aber auch die Verhältnisse, wo innerhalb einer gallertartigen Algencolonie oder eines solchen Algenthallus, z. B. von *Chaetophora* oder *Mesogloia*, fremde Algen sich einnisten.

Eine festere und wenigstens für den e i n e n Theil nothwendige

Beziehung zeigt die nächst höhere Stufe, welche wir passend allein noch als Parasitismus bezeichnen. Sie begreift alle thierischen Parasiten der Pflanzen und alle chlorophylllosen, also nicht selbst assimilirenden pflanzlichen Schmarotzer. Diese Wesen müssen ganz und gar von einem anderen Organismus, dem Wirth, beziehentlich der Nährpflanze, ernährt werden, ohne dass sie diesem dafür eine Gegenleistung bieten. Darin liegt der bestimmte Charakter dieses Falles, und wir tragen so dem Sinn des Wortes, welches wir auf dieses Verhältniss beschränken, die gebührende Rechnung, indem hier das fremde Wesen sich wirklich als ein Schmarotzer erweist, welcher nur nimmt und nichts dafür giebt, ja welcher sogar zerstört, wo der Wirth nicht durch geeignete Neubildungen (Hypertrophien, Gallen) vorbeugt, um den schädlichen Einfluss zu paralysiren.

Bestimmt von diesem Verhältnisse unterschieden ist dasjenige, für welches die in höheren Pflanzen lebenden Algen das anschaulichste Beispiel gewähren; vielleicht schliessen sich ihnen auch die *Loranthaceen* an. Diese miethen sich zwar im Körper einer anderen Pflanze ein, lassen sich von ihr auch die rohen Nährstoffe darreichen, assimiliren aber selbständig, so dass sie wahrscheinlich ihrem Wirth nichts von den Stoffen nehmen, die er sich durch seine Assimilationsarbeit geschaffen hat, daher sie auch eine eigentlich schädliche, zerstörende Wirkung an demselben nicht hervorbringen. Eher scheinen sie oder wenigstens einige von ihnen umgekehrt von ihren eigenen Assimilationsprodukten ihrem Wirth einen Theil zukommen zu lassen, wie es für das ebenfalls hierhergehörige *Chroolepus* im Thallus der *Graphideen* fast unzweifelhaft ist, so dass also hier die fremden Organismen im Körper der von ihnen bewohnten Pflanze anständige liebe Gastfreunde sind, welche für das Empfangene auf andere Weise sich revanchiren. Man kann dieses Verhältniss Miethe nennen und die dabei betheiligten Wesen als Wirth und Miether unterscheiden. Hier sowohl wie in den beiden vorigen Fällen werden wir durch den Zusatz epiphyt und endophyt die jeweiligen räumlichen Verhältnisse beider Wesen zu einander genauer andeuten können.

In allen bisherigen Fällen steht der eine Organismus dem anderen immer noch als fremdes Wesen gegenüber, welches auf oder in dem vorhandenen Körper des anderen sich ansiedelt, aber doch nicht nothwendig vorhanden zu sein braucht, für das Leben desselben nicht unentbehrlich ist. Abzusehen in dieser Hinsicht ist vielleicht von den vollkommensten Fällen dieses Typus bei den *Graphideen*, welche bereits den Uebergang zu der nächsten und höchsten Stufe des Symbiotismus darstellen. Letztere besteht darin, dass beide Wesen sich

gleichsam zu einem einfachen Individuum verbinden, in welchem sie wechselseitig sich unentbehrliche Dienste leisten, jedes dem Dienste des Ganzen sich so unterordnet, dass sie die Bedeutung selbständiger Individuen zu verlieren scheinen, dass sie nur noch als Organe des Ganzen fungiren, dessen erste Existenz schon in der Vereinigung beider Wesen beginnt. Für dieses Verhältniss dürfte sich vielleicht die Bezeichnung Homobium empfehlen. Der Ausdruck Consortium lässt weniger an das Vereintleben denken und setzt überdies eine Betheiligung der Einzelnen in gleichem Sinne voraus; ähnlich ist es mit der Bezeichnung Commensalismus, denn die Ernährungsverhältnisse, welche durch denselben allein angedeutet werden, sind doch nicht das einzige und auch nicht das wesentlich charakteristische Merkmal dieses Verhältnisses, welches wir vielmehr in dem Umstand suchen müssen, dass durch die Verschmelzung beider Wesen ganz neue Lebensformen geschaffen werden, welche mit gewissem Rechte bisher als selbständige Pflanzen sich betrachten liessen. Und es ist ganz besonders zu betonen, dass die Gemeinsamkeit des Lebens Beider nicht bloss in einer eigenthümlichen Theilung der Ernährungsarbeit sich ausspricht, sondern dass in den neuen Lebensformen zugleich eine Vermehrung in Gestalt der unter den Lichenen so weit verbreiteten Soredien sich vollzieht, durch welche beide Organismen auch vereint fortgepflanzt werden. Die Zukunft wird nun weiter zu entscheiden haben, wie fest in den einzelnen Fällen die beiden Theilwesen durch die Bande des Homobiums verknüpft sind; mit anderen Worten, ob und wo es möglich ist, dass einer oder beide Theile frei von einander ihr eigenes Leben führen. Die Hyphenkörper der typischen, von Anfang an mit Gonidien versehenen Flechten ohne Gonidien zu erziehen, ist bis jetzt noch in keinem Falle gelungen. Dagegen hat man bekanntlich die Gonidien mancher hierhergehöriger Flechten zu selbständiger Vegetation zu bringen vermocht, in welcher sie sich ihren verwandten Algen analog verhalten. Nichts spricht aber gegen die Möglichkeit, dass in anderen Lichenen die Festigkeit des Homobiums einen solchen Grad angenommen hat, dass auch die Gonidien gleich wie die Hyphen, wegen constant und erblich gewordener Ernährungsverhältnisse, nicht mehr für sich allein zu vegetiren vermögen.

Leipzig, im März 1876.



Erklärung der Abbildungen.

Tafel VII.

Fig. 1. Stück eines Gonidienlagers von *Arthonia vulgaris* auf Esche, an einer Stelle, wo dasselbe noch unvollständig ist, in Chlorzinkjodlösung, wodurch die Membranen weinroth, der contrahirte Zellinhalt gelblich gefärbt ist. Die Hyphen sind nicht ausgeführt, die bedeckenden Peridermzellen sind, wo sie noch deutlich waren, angedeutet. Vgr. 200.

Fig. 2. Querschnitt durch ein Stück des Thallus von *Arthonia vulgaris* auf Esche, in Chlorzinkjodlösung, wodurch die Gonidien weinroth, die Korkzellhäute gelb gefärbt sind. a. die äussere, i. die innere Korkschicht des Periderms. Vgr. 300.

Fig. 3. Stück der Oberfläche des Periderms von Esche an einer von *Arthonia vulgaris* bewohnten Stelle mit zwei im Eindringen begriffenen Individuen von *Chroolepus*, durch Chlorzinkjodlösung gefärbt. Die Hyphen der Flechten sind nicht ausgeführt. Die stärker schraffirten Theile der *Chroolepus*-Ketten befinden sich oberflächlich, die Spitzen liegen bereits im Periderm. Vgr. 200.

Fig. 4. Einige Gonidien aus dem entwickelten Thallus von *Arthonia vulgaris* auf Esche mit den zwischen ihnen befindlichen Hyphen der Flechte, in A mit rothen Oelkörnchen, in B ohne solche. Vgr. 300.

Fig. 5. Zwei Korkzellen aus der Randzone des Thallus von *Arthonia vulgaris* auf Eiche, durch Jod gelb gefärbt, die sehr feinen, in der Korksubstanz wachsenden Hyphen der Flechte sind farblos. Vgr. 500.

Fig. 6. Stück der Oberfläche des Periderm von Eiche mit drei im Eindringen begriffenen Individuen von *Chroolepus* auf einer von *Graphis scripta* bewohnten Stelle, durch Chlorzinkjodlösung gefärbt. Bei x x x die oberflächlich liegenden Eintrittsstellen, die übrigen Theile der Ketten liegen tiefer. Die Flechtenhyphen sind nicht ausgeführt. Rechts liegen fremdartige Pilzbildungen. Vgr. 200.

Fig. 7. Ein ebensolches Präparat wie in Fig. 6, mit weiter entwickelten eingedrungenen *Chroolepus*-Individuen. Links liegen fremde braune Pilzhyphen. Vgr. etwas kleiner als 200.

Fig. 8. Durchschnitt durch die äussere Korkschicht des Eichenperiderms, ein Stück hinter der Randzone des Thallus von *Graphis scripta*, in Chlorzinkjodlösung, welches die Gonidien weinroth und die in ihnen vorhandenen rothen Oelkörnchen schwarzblau gefärbt hat. Die Gonidien befinden sich von Hyphenmasse umgeben innerhalb der Korkzellen, diese ausweitend und zum Theil die Membranen derselben durchwachsend. Vgr. wie Fig. 7.

Fig. 9. Drei einzelne Stücke von Gonidienketten mit zum Theil sehr schmalen und farblosen Gliederzellen aus der oberen Region des Thallus von *Graphis scripta* auf Eiche, zum Theil in Begleitung einiger fremder Pilzbildungen. Korkzellen und Flechtenhyphen sind nicht ausgeführt. Vgr. 300.

Fig. 10. *Chroolepus umbrinum* auf Buchenrinde, dessen rechtsliegende grössere runde Zellen auf der Oberfläche des Periderms sich befinden, aber zu einer in den Kork eingedrungenen Kette schlanker Gliederzellen mit ölfreier Scheitelzelle ausgewachsen sind Vgr. 300.

Fig. 11. Einzelne, noch von den Hyphen der *Graphideen* theilweis bekleidete Zellen von *Chroolepus umbrinum* im ersten Stadium der Befreiung aus zerfallendem *Graphideen*thallus. Vgr. 300.

Fig. 12. Eine Korkzelle vom Periderm des Kirschbaums aus der Gegend des Thallusrandes der *Arthopyrenia cerasi*, mit den am äussersten Rande gelegenen echten Hyphen der Flechte. Vgr 500.

Fig. 13. Stück vom Saume des Gonidienlagers aus dem hypophlöodischen Thalluszustande der *Lecanora pallida* auf Eiche, von der unteren Seite betrachtet. Bei i i i setzt sich das Gonidienlager an den älteren Theil an; a_1, a_2, a_3, die am weitesten nach aussen liegenden Gonidiengruppen. Vgr. 200.

Fig. 14. Einige grössere Gonidien aus dem hypophlöodischen Thalluszustande der *Lecanora pallida*, theils ungetheilt, theils in verschiedenen Theilungsformen. Vgr. 500.

Fig. 15. Stück aus derjenigen Zone der *Variolaria communis*, in welcher die äussersten Vorposten der Gonidien durch das Filzgewebe in die parallelfaserige Randzone vorgetrieben werden. Vgr. ungefähr 100.

Fig. 16. Ein Gonidium der *Variolaria communis* vom Rande des Gonidienlagers, an die Spitze einer Hyphe angewachsen, durch deren Wachsthum es zwischen die parallelen Hyphen der Randzone vorwärts geschoben wird. Das centripetale Ende der Hyphe liegt am unteren Ende der Figur. Vgr. 300.

Fig. 17. Die eigenthümlich angeschwollenen Hyphen der *Variolaria communis*, wie sie sich zwischen die grünen Zellen der in der Nähe des Randes liegenden Gonidiengruppen eindrängen. Vgr. 300.

Beitrag zur Kenntniss der Chytridiaceen.

Von

Dr. Leon Nowakowski.

II.

Polyphagus Euglenae,

eine Chytridiacee mit geschlechtlicher Fortpflanzung.

Mit Tafel VIII. und IX.

1. Geschichtliches. Im Jahre 1851 veröffentlichte Dr. G. Gros in Moskau eine Abhandlung, worin er „mit mathematischer Gewissheit" den Nachweis geführt zu haben glaubte, dass ein einfacher Elementarorganismus *(Protocellule)* je nach den Umständen sich in die verschiedensten niedern Thiere und Pflanzen zu entwickeln fähig sei; als eine solche *Protocellule* bezeichnete Gros die *Euglenen,* die er für die gemeinschaftliche Matrix fast aller Infusorien, gewisser Pflanzen *(Closterien, Diatomeen, Conferven, Moose),* sowie vielleicht aller Räderthiere erklärte. In Deutschland beobachtete Gros unter Anderem, dass Millionen Individuen einer rothen *Euglena* (wohl *E. sanguinea* Ehr.) sich etwas entfärbten und an ihrer Oberfläche einen farblosen gestielten kugeligen Schlauch austrieben, der seinen blasigen Inhalt wieder an der Spitze in eine Art cylindrischer Scheide austrieb; in dieser Scheide wuchsen die Bläschen, animalisirten sich mehr und schwärmten endlich als Monaden mit einer vorausgehenden Cilie aus [1]).

Im Frühjahr 1855 untersuchten C. Th. v. Siebold und Dr. Meissner gemeinschaftlich zu München *Euglena viridis*; sie fanden an encystirten sowie an kugelig contrahirten Exemplaren farblose, verschiedenartig gestaltete, meist schlauchartig verlängerte Gebilde,

---

[1]) G. Gros, De l'embryogénie ascendante des espèces ou génération primitive, equivoque et spontanée et metamorphoses de certains animaux et végétaux inférieurs. Bulletins de la Soc. imp. de naturalistes de Moscou 1851. No. I. p. 283, No. II. p. 429, Tab. C'. Fig. 7 mit Erklärung auf p. 474.

bald einzeln, bald zu mehreren (3–4), aussen festsitzen; ihre Basis schwillt fast kugelig an und grenzt sich durch eine Einschnürung von dem dickeren Schlauch etwas ab; manchmal findet sich der kugelige Bulbus seitlich am Schlauch; in letzterem, nicht aber in dem Basaltheil, bilden sich bewegliche Keimzellen, welche aus der ohne Deckel sich öffnenden Spitze des Schlauchs ausschwärmen; sie sind verlängert oval und schleppen die lange Wimper an dem mit scharf begrenztem Kern versehenen Ende nach.

Im Jahre 1855 wurde der nämliche Parasit der *Euglena* in Breslau von Th. Bail untersucht; die Keimzellen, die ihre Wimper als Steuerruder nachziehen, setzten sich, nachdem sie länger als eine Stunde schwärmten, an *Euglenen,* oder machten auch im freien Wasser Halt und nahmen eine verkehrt birnförmige Gestalt an, worauf sie mehrere, oft vier, ins Kreuz gestellte, sehr zarte lange Fäden aussandten, welche sich sogar verzweigten, und ein wahres Netzgeflecht bildend, an die Pseudopodien der Acineten erinnerten, jedoch nicht contractil waren. Anscheinend aus einem solchen Faden ging durch allmähliches Dickerwerden ein langer stielförmiger Fortsatz hervor, während der eigentliche Körper zu einem sehr grossen, darm- oder wurstförmigen, bisweilen auch keulen-, birn-, ei- oder kugelförmigen Schlauche auswuchs; in ihm entstanden sehr zahlreiche, mehr oder minder regelmässig geordnete Oeltropfen, welche zu Kernen von Schwärmsporen wurden; diese selbst traten durch eine, selten zwei, nicht scharf umschriebene, deckellose Mündungen langsam nach einander aus [1]).

Am 7. Juni 1855 trug A. Braun seine berühmten Untersuchungen über die Gattung *Chytridium* der Berliner Akademie vor, wobei er den Parasiten der *Euglenen* unter dem Namen *Chytridium Euglenae* A. Br. beschrieb, indem er die Beobachtungen von Gros, v. Siebold, Meissner und Bail zu Grunde legte; jedoch zog er die wurzelartige Fadenbildung, die Bail beschrieben, als einen den übrigen *Chytridien* fremden Umstand in Zweifel, obwohl Bail, der damals an der Breslauer Universität studirte, seine Untersuchungen unter den Augen von Ferdinand Cohn gemacht und sich auf dessen Zeugniss berufen hatte [2]).

---

[1]) Bail, Mykologische Berichte III. *Chytridium Euglenae,* Botanische Zeitung vom 28. Sept. 1855 p. 678.

[2]) A. Braun, Ueber *Chytridium,* Monatsberichte der Berliner Akademie Juni 1855, No. 11. Ueber *Chytridium,* eine Gattung einzelliger Schmarotzergewächse auf Algen und Infusorien; Abhandlungen der Berliner Akademie 1856 p. 41. Tab. IV. Fig. 26, 27.

Am 1. Decbr. 1856 begründete A. Braun in einer Sitzung der Berliner Akademie die zweizellige Gattung *Rhizidium*, deren Fortpflanzungszelle als seitliche Aussackung aus der wurzelartig verzweigten vegetativen Zelle hervorwächst; er stellte hierbei die Vermuthung auf, dass der Bail'sche Parasit ein *Rhizidium*, und von dem durch Meissner u. Siebold untersuchten *Chytridium Euglenae* verschieden sein möge [1]).

In den Sitzungen der phys.-medizin. Gesellschaft zu Würzburg vom 20. März und 18. April 1857 beschrieb Schenk von neuem die Schmarotzer der *Euglena viridis*; er beobachtete nicht die stielartigen Fortsätze und die wurzelartig in die *Euglenen* eindringenden fadenförmigen Verlängerungen, die Bail erwähnte, und stellte die Schwärmsporen als kugelig dar, mit vorangehender Wimper; sie bildeten sich nur in dem schlauchartigen Theile, der an der Spitze ein oder zwei, selbst drei stumpfe Vorragungen hat und schwärmten aus den inzwischen durch Einreissen geöffneten Fortsätzen aus; eine am festsitzenden Ende des Parasiten verschmälerte Basalzelle, die Bail bei seiner Beschreibung nicht unterschieden hatte, ist um diese Zeit inhaltsleer und ergiesst vermuthlich ihren Inhalt in die zur Sporenbildung bestimmte Zelle, worauf sich zwischen beiden eine Scheidewand bildet; da der Organismus hiernach entschieden zweizellig ist, so trennte ihn Schenk von *Chytridium* und stellte ihn ebenfalls zu *Rhizidium* [2]).

Seit jener Zeit ist meines Wissens über die Parasiten der *Euglenen* nichts weiter bekannt gemacht worden; um so lebhafter war mein Wunsch, dieselben zu beobachten und die theilweisen Widersprüche der früheren Beobachter aufzuklären. Ende April dieses Jahres hatte ich das Glück, in einem Graben bei Breslau unter *Euglena viridis* auch den lange gesuchten Parasiten aufzufinden und durch eine mit gütiger Beihilfe des Herrn Prof. Ferdinand Cohn im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau gemachte Untersuchung die vollständige Entwickelungsgeschichte desselben festzustellen. Die hierbei ermittelten Thatsachen haben so viele wesentliche Verschiedenheiten von den Gattungen *Chytridium* A. Br. und *Rhizidium* A. Br. herausgestellt, dass sie, wie in der Folge specieller dargelegt werden wird, zur Aufstellung einer neuen Gattung unter dem Namen *Polyphagus* berechtigen, in welcher als bis jetzt einzige Art der Parasit der *Euglenen* als *Polyphagus Euglenae* aufgeführt werden soll.

---

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie 1856 p. 592.

[2]) A. Schenk, Algologische Mittheilungen, Verhandlungen der phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg Bd. VIII. Lief. II. p. 246.

2. *Organisation von Polyphagus.* Als die *Euglenen* von dem oben erwähnten Graben einige Tage in Glasgefässen nahe den Fenstern des Instituts cultivirt worden waren, bildete sich wie gewöhnlich auf der dem Lichte zugewendeten Seite der Gefässe ein grüner schleimiger Ueberzug, welcher aus den sich zur Ruhe vorbereitenden und zum Theil schon encystirten *Euglenen* bestand. Zwischen diesen zeigte sich der von mir gesuchte Parasit in üppigster Entwickelung. Seine Schwärmsporen keimen nach Beendigung ihrer Bewegungen zwischen den ruhenden *Euglenen*; sie nehmen kugelige Gestalt an und erscheinen daher zuerst als kleine farblose, mit einem stark lichtbrechenden, etwas gelblichen Kern versehene Kugelzellen; hierauf treiben dieselben von ihrer Oberfläche vier kreuzförmig gestellte, oder mehrere (5—6) strahlenartig ausgehende, unmessbar dünne Fäden (Keimfäden) nach allen Seiten aus (Taf. VIII. Fig. 1). Jeder dieser Fäden verlängert sich mehr oder weniger, bis er auf eine der in der Nachbarschaft zur Ruhe gekommenen *Euglenen* trifft, sodann durchbohrt er die Haut derselben und dringt in ihr grünes Protoplasma ein; indem er dasselbe allmählich aussaugt, verhält er sich nunmehr als ein Haustorium. Einer der Keimfäden, nämlich derjenige, welcher zuerst in eine *Euglena* eingedrungen war, übertrifft bald die übrigen an Dicke, und erscheint daher als röhrenförmiger Stiel, durch welchen der Parasit oft keulenförmige Gestalt erhält (Taf. VIII Fig. 2, 4). Der Körper des *Polyphagus* vergrössert sich in Folge seiner reichlichen Ernährung durch die von ihm ausgesaugten *Euglenen* immer mehr; der in ihm anfangs befindliche starklichtbrechende Kern der Schwärmspore verkleinert sich allmählich und verschwindet schliesslich ganz; statt seiner kommen im Protoplasma mehr oder weniger zahlreiche Oeltropfen und auch Vacuolen zum Vorschein. Die übrigen Haustorien bleiben entweder in ihrem primären fadenförmigen Zustande während des ganzen Lebens des Parasiten, oder sie verlängern und verzweigen sich, indem sie neue *Euglenen* aufsuchen (Taf. VIII. Fig. 2, 4). Inzwischen haben diejenigen Haustorien, welche schon früh in *Euglenen* eingedrungen waren, sich bedeutend verdickt, verlängert und neue seitliche Aeste getrieben, nicht sowohl aus ihrer ganzen Länge, als besonders aus der Nähe derjenigen Stelle, an der sie sich in die *Euglene* einbohrten (Taf. VIII. Fig. 7 a. a.). Selten wachsen sie sogar durch die ergriffene *Euglene* hindurch und dringen in die nächstliegende ein (Taf. VIII. Fig. 13 a.). So entwickeln sich viele stärkere und schwächere, zum Theil scheinbar gabelige, wurzelartige Zweige, die sich zuletzt in sehr feine Fädchen verästeln (Taf. VIII. Fig. 7, 13). Da wo ein Haustorium die Wand

der *Euglene* durchbohrt, zeigt es bei seiner späteren Verdickung oft eine schwache Einschnürung (Taf. IX. Fig. 7); im Innern der *Euglena* verzweigt es sich mitunter noch mehrere Male (Taf. IX. Fig. 9e).

Wenn eine Schwärmspore des *Polyphagus* unmittelbar auf der Oberfläche einer verpuppten *Euglena* gekeimt ist, so treibt sie an der Berührungsstelle ein Haustorium, welches ganz und gar im Innern der *Euglena* verborgen ist, so dass der Parasitenkörper auf der *Euglena* zu sitzen scheint (Taf. VIII. Fig. 6). Nicht selten keimen und entwickeln sich auf einer *Euglena* mehrere Parasiten (Taf. VIII. Fig. 5).

Indem die *Euglenen* durch die Haustorien des Parasiten ausgesaugt werden, verliert ihr Körper allmählich sein grünes Protoplasma und wird zuerst grünlich gelb, dann ganz entfärbt bis auf einen bräunlichen körnigen Rückstand; die Paramylumkörner, welche in den grünen *Euglenen* meist zahlreich eingelagert waren, sind in den getödteten verschwunden; ihre Membran leistet am längsten Widerstand, geht aber schliesslich ebenfalls zu Grunde. Der braune Rückstand bleibt als letzter Rest der verzehrten *Euglenen* an den Haustorien haften.

Die Haustorien des *Polyphagus* ähneln in ihrem Verhalten, besonders im jungen Zustande, den Pseudopodien gewisser *Rhizopoden* oder *Acineten*, wie schon Bail bemerkte; sie verändern aber nie ihre Gestalt und besitzen schon früh eine starre allmählich sich verdickende Membran, welche durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wurde. Weil die Haustorien nur Verlängerungen des Parasiten sind und keine Querwände besitzen, muss unser Organismus als einzellig bezeichnet werden. Sein Protoplasma, welches viele gelblich gefärbte Oeltropfen enthält, färbt sich durch Jod röthlich braun, wie dasjenige der Haustorien, in welchen man aber nur selten einige Oeltropfen wahrnehmen kann.

Der Körper des *Polyphagus* zeigt in seiner Gestalt und Grösse vielfache Mannigfaltigkeit, besonders in jugendlichem Zustande. Im Allgemeinen stellt er zwei Hauptformen dar: kugelige oder keulenförmige; doch kann er auch eiförmig oder mehr elliptisch sein; er erscheint, wie Bail sich ausdrückt, acinetenähnlich, wenn eines seiner Haustorien sich durch Dicke und Länge von den übrigen, welche dünn fadenförmig geblieben, bedeutend unterscheidet. Ueberhaupt scheint oft die ganze Gestalt des Parasiten von der Entwickelung seiner Haustorien abhängig zu sein. Gelingt es den letzteren, sämmtlich und gleichzeitig *Euglenen* auszusaugen, so entwickelt sich der Parasit nach allen Seiten hin regelmässig und wird daher kugelig; da-

gegen überwiegt seine Ausdehnung in dieser oder jener Richtung je nach der stärkeren Entwickelung eines in eine *Euglena* eingedrungenen Haustoriums. Manchmal verlängert sich der *Polyphagus*-Körper ganz auffallend, indem er an seinem Scheitel wächst, und eine schlanke schlauchförmige, im oberen Theile, welcher sehr grosse Vacuolen enthält, etwas verschmälerte Gestalt annimmt. Er erreicht hierbei oft ausserordentliche Länge, über 0,2 Mm. (200 Mikr.), während die Grösse der kugeligen Parasitenkörper in der Regel nicht über 37 Mikr. und die grösste Dicke der Haustorien etwa 6 Mikr. beträgt.

Die Fortpflanzung von *Polyphagus* geschieht in doppelter Weise, auf ungeschlechtlichem und auf geschlechtlichem Wege. Erstere, welche ich zuerst am Anfang meiner Beobachtungen, Ende April, antraf, geschieht durch Schwärmsporen; letztere fand ich erst einige Tage nach Beginn und von da an bis zum Schluss meiner Culturen (Mitte Juni 1876).

3. Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Schwärmsporen. Die Schwärmsporen entstehen in Zoosporangien, welche an der Aussenseite des Parasitenkörpers aus seinem gesammten ausgetretenen Protoplasma hervorgehen; daher kann nach einem von Delpino zuerst zweckmässig gebildeten Ausdruck [1]) der eigentliche Parasitenkörper auch als Prosporangium bezeichnet werden. Die Zoosporangien bilden sich auf folgende Weise:

Das gesammte Protoplasma des *Polyphagus* durchbohrt die Zellwand an einem Punkte und tritt durch eine ziemlich grosse kreisrunde Oeffnung nach aussen heraus. Zuerst dringt bruchsackartig eine kleine Protoplasmablase hervor, welche sich langsam vergrössert; wenn endlich die Blase das ganze Protoplasma aufgenommen hat, so bildet dasselbe entweder einen scharf begrenzten ovalen oder elliptischen Körper unmittelbar vor der Oeffnung des Prosporangiums (Tafel VIII. Fig. 8, 9, 10) oder es nimmt eine walzlich schlauchförmige, verlängerte Gestalt an, indem es sich terminal in einer der Prosporangiumöffnung entgegengesetzten Richtung ausdehnt (Taf. VIII. Fig. 12). Der ausgetretene Protoplasmakörper schliesst äusserst kleine Körnchen ein, welche oft besonders netzartig geordnet, ein charakteristisches Ansehen zeigen, oder er enthält kleinere oder grössere Oeltröpfchen.

Das Heraustreten der Protoplasmablase aus dem Prosporangium geht so langsam vor sich, dass man es unmittelbar nicht wahrneh-

[1]) Delpino. Revista botanica degli anni 1874 e 1875. Milano 1876 p. 97.

men kann; nur am Scheitel zeigt das Protoplasma das deutliche Bestreben, so weit wie möglich, oft auf Kosten seiner Breite sich zu verlängern. Deshalb bleibt der aus dem Prosporangium hervorgetretene Plasmakörper nahe der Austrittsöffnung dicker und oft etwas breiter, während er weiter oben flacher und nicht selten auch enger ist. Eine die Protoplasmablase umkleidende Haut kann man anfangs nicht nachweisen; erst wenn dieselbe eine gewisse Grösse erreicht hat, zeigt sie sich von Aussen mit einer Haut bekleidet, steht aber noch in unmittelbarer Verbindung mit dem Reste des im Prosporangium zurückgebliebenen Protoplasmas (Taf. VIII. Fig. 12). Im Prosporangium treten schon ziemlich früh grössere und kleinere vacuolenähnliche Räume auf (Taf. VIII. Fig. 10 v. v.), welche sich im Verhältniss zum weiteren Abfluss vermehren. In Folge dessen zeigt der Inhalt des Prosporangiums zuletzt einen zellartigen oder schaumigen Bau (Taf. VIII. Fig. 11 p., 12 p.), indem die dünnen Protoplasmawände der Vacuolen durch gegenseitigen Druck polyedrische Gestalt annehmen und einigermassen an ein Parenchymgewebe erinnern [1]). Schliesslich verlässt auch der letzte Rest des Protoplasma das Prosporangium und vereinigt sich mit dem schon früher hervorgetretenen; dieses trennt sich sodann durch eine gegen das Prosporangium eingewölbte Scheidewand (Taf. IX. Fig. 5), welche sich in der Austritts-Oeffnung bildet, von dem vollständig entleerten Körper des Parasiten ab und stellt nunmehr das eigentliche Zoosporangium dar. Die gesammte Entwickelung desselben nimmt mehrere Stunden in Anspruch (Taf. VIII. Fig. 13 z, Taf. IX. Fig. 1, 2).

Die Gestalt des Zoosporangiums entspricht der des ausgetretenen Protoplasmakörpers; es ist seltener oval oder elliptisch, in der Regel bedeutend verlängert, schlauchförmig und dabei nicht selten gekrümmt und gebogen (Taf. IX. Fig. 1, 2, 3, 4, 5). Auch seine Grösse ist sehr verschieden, von minimalster bis zu riesig verlängerter, welche ich einmal auf 275 Mikr. im Längsdurchmesser bestimmte. Das Volumen aber entspricht nicht immer der Länge, denn je länger sie werden, desto flacher ist ihre Form.

Nach kurzer Zeit entstehen im Protoplasma des Zoosporangiums stark lichtbrechende gelbliche Kerne, um welche herum die verhältnissmässig grossen Schwärmsporen selbst sich bilden (Taf. IX. Fig. 3).

---

[1]) Nach meinen Beobachtungen entspricht auch die parenchymatische Zeichnung in den Stielen von *Dictyostelium mucoroides* Brefeld nicht einem wirklichen Zellgewebe, sondern einer seifenschaumartigen Verbindung von Vacuolen in Folge der Wanderung des Protoplasmas gegen den Scheitel des Fruchtträgers zur Bildung der Sporenmasse. F. Cohn.

Letztere bestehen aus klarem farblosem Protoplasma, das den gelblichen Kern concentrisch umhüllt; sie sind bereits im Zoosporangium scharf begrenzt, bald von kugeliger Gestalt, bald nehmen sie durch gegenseitigen Druck polyedrische parenchymähnliche Umrisse an. Schliesslich treten durch eine an der Spitze des Zoosporangiums entstandene, nicht grosse Oeffnung die Schwärmsporen aus demselben eine nach der andern hervor, ohne von Schleim umgeben zu sein und entfernen sich rasch (Taf. IX. Fig. 5), während gleichzeitig auch die im Zoosporangium zurückgebliebenen Zoosporen innerhalb desselben zu schwärmen beginnen; doch verlassen auch diese bald das Sporangium.

Die Schwärmsporen sind verhältnissmässig gross, verlängert cylindrisch, an ihren beiden Enden abgerundet; in der Mitte etwas eingeschnürt, namentlich dann, wenn sie sich ein wenig strecken (Taf. IX. Fig. 6); weil sie aber contractil sind, so konnen sie ihre Gestalt etwas verändern und kürzere, dickere, manchmal fast kugelige Form annehmen. Ihre Grösse ist nicht constant, in verschiedenen Zoosporangien verschieden; die grössten sind 13 Mikr. lang, 5 Mikr. breit, bei den kleinsten betragen diese Dimensionen 6 : 3 Mikr. In der Mitte der Schwärmspore kann man eine ziemlich grosse Vacuole unterscheiden; viele kleine Vacuolen befinden sich am vorderen Ende, welches zarter erscheint, als das hintere; an letzterem ist eine lange Cilie angeheftet. Nahe am Ursprung der Cilie enthält die Schwärmspore einen nicht sehr grossen stark lichtbrechenden excentrischen Kern, dieser ist gelblich gefärbt und stimmt sowohl in seiner Färbung, als in seiner Lichtbrechung auffallend überein mit den gelblichen Oeltropfen des Parasiten, welche eine constante Erscheinung in seinem Protoplasma darstellen. Man könnte die Kerne für Oeltropfen halten. Werden dieselben in Glycerin entfärbt, so zeigen sie sich als solide Körperchen, welche das Licht nicht mehr ölartig brechen. Die Schwärmsporen schwimmen hin und her, indem sie ihre Cilie stets nach hinten tragen. Nach einiger Zeit, ungefähr schon nach einer Stunde, kann man leicht unter dem Deckglase beobachten, wie sie zwischen den *Euglenen* zur Ruhe kommen und eine kugelige Gestalt annehmen. Hierauf keimen sie und entwickeln sich zu neuen Parasiten in der schon oben beschriebenen Weise.

Die Zahl der in einem Zoosporangium entwickelten Zoosporen entspricht im Allgemeinen der Grösse des ersteren; diese scheint wieder abhängig zu sein von der Zahl der von einem Parasiten ergriffenen *Euglenen*. Eine einzige *Euglene* ist oft im Stande, einem Parasiten so viel Nahrung zu geben, dass er seine Schwärmsporen

entwickeln kann. Daraus folgt, dass die Zahl der in einem Zoosporangium gebildeten Schwärmsporen ausserordentlich variirt. Ich habe einmal in einem Zoosporangium blos zwei Schwärmsporen gesehen (Taf. IX. Fig. 4). Gewöhnlich kommen sie aber in grosser Anzahl vor. In den sehr verlängerten Zoosporangien ist jedoch die Zahl der Schwärmsporen nicht so gross, wie man vermuthen könnte, denn sie bilden hier zum grössten Theil bloss eine einfache Schicht, welche am obern Theile des Zoosporangiums oft nur aus zwei oder gar nur aus einer Reihe besteht, während sie an der Basis in mehreren Schichten über einander liegen. Wir sehen also, dass der Parasit eine gewisse Grenze in seinem Wachsthum nicht überschreiten kann, unterhalb dieser Grenze aber ist er im Stande, in verschiedener Grösse seine Schwärmsporen zu entwickeln. Diese scheinen oft selbst aus dem Protoplasma sehr junger, mit dünner Haut und zarten Haustorien versehenen Individuen zu entstehen. Offenbar ist für die Erzeugung der Zoosporen ein gewisser Stillstand im Wachsthum des Parasiten, welcher mit der Beendigung der Ernährung beginnt, nothwendig.

Da man unter dem Mikroskope unmittelbar beobachten kann, dass jede Zoospore die Fähigkeit besitzt, zu keimen und sich weiter zu entwickeln, so muss sich natürlich *Polyphagus* in der Cultur äusserst rasch und zahlreich vermehren. In einem Glasgefässe, in welchem ich von *Polyphagus* befallene *Euglenen* züchtete, zeigte sich nach wenigen Tagen der ursprünglich grüne *Euglenen*überzug an den Gefässwänden gelblich und braun. Wenn man ein kleines Stückchen eines solchen schleimig-häutigen Ueberzugs unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man, dass derselbe ganz und gar aus Parasiten und schon zerstörten *Euglenen* besteht. Man findet auch oft, dass die Parasiten sich gruppenweise entwickeln; solche Gruppen sind in ihrer Umgebung von einer Zone bräunlicher, durch sie zerstörter *Euglenen* umlagert; vermuthlich ist jede Gruppe aus einem einzigen Zoosporangium hervorgegangen, dessen Schwärmsporen sich nicht weit von ihrer Geburtsstätte entfernen. In diesen Gruppen zeigen die Parasiten eine sehr merkwürdige Wachsthumsrichtung; ihre Körper strecken sich nämlich so, dass die Scheitel nach dem Centrum der Gruppe convergiren und dort nur zarte Keimfäden aussenden, während ihre Längsdurchmesser radial geordnet und die nach den *Euglenen* hin ausgetriebenen Haustoriensysteme sich in centrifugaler Richtung strahlig oft zu überraschender Länge entwickeln[1]).

[1]) Die Orientirung in der gegenseitigen Lage der Parasiten wie in der stufenweisen Entwickelung der ganzen Cultur von Tag zu Tag wird dadurch

Die Parasiten vernichten fast alle *Euglenen* in der Cultur; sie vermehren sich so zahlreich, dass sie zuletzt geradezu die *Euglenen* vertreten. Man könnte also in der That sagen, aber nicht im Sinne von G. Gros, dass die *Euglenen* sich in Parasiten verwandelt haben.

Die Individuen des *Polyphagus*, welche sich in verschiedenen Wachsthumszuständen befinden, liegen zuletzt so dicht neben einander, dass sie oft mehrere Schichten bilden; dabei entwickeln sie eine so überraschende Menge von Schwärmsporen, dass letztere, indem sie keimen, auf ganzen Strecken dichte Lager bilden, zum grössten Theil aber im Kampf ums Dasein wegen Mangel an Nahrung zu Grunde gehen.

4. Geschlechtliche Fortpflanzung durch glatthäutige Dauersporen. In diese Epoche des Entwickelungskreises fällt die Erzeugung geschlechtlicher Dauersporen. Unter den *Polyphagus*individuen, welche sich in den beengten Zwischenräumen der abgestorbenen *Euglenen* entwickeln, befinden sich zweierlei Formen, welche man als Männchen und Weibchen bezeichnen kann.

Die Weibchen sind in der Regel grösser, mehr oder weniger kugelförmig, oder auch unregelmässig, indem sie eckige Verlängerungen bilden, welche in Haustorien übergehen. Die Männchen dagegen sind kleiner, keulenförmig, oder verlängert, mitunter spindelförmig, von ihren Haustorien ist in der Regel eines stielartig am meisten entwickelt; die übrigen bleiben entweder in ihrem primären dünn fadenförmigen Zustande, wenn sie nämlich in keine *Euglenen* eingedrungen sind (Taf. IX. Fig. 10 m, Fig. 7 m), oder sie entwickeln sich kräftiger, wenn sie in *Euglenen* enden (Taf. IX. Fig. 9 m. h.). Doch ist obiger Gestalt-Unterschied nicht streng; denn es kommt auch, obwohl verhältnissmässig seltener, vor, dass keulenförmige Individuen sich bei der Befruchtung als Weibchen verhalten; ausnahmsweise haben auch Männchen nicht keulenförmige, sondern eine andere Gestalt. Es ist daher oft schwer, vor der Befruchtung die Geschlechter als solche zu unterscheiden, während bei dem Copulationsacte selbst Männchen und Weibchen in den meisten Fällen hinlänglich charakterisirt sind.

Der Vorgang bei Erzeugung der Dauersporen lässt sich als Copulation auffassen, da die Spore aus der Vereinigung

erleichtert, dass die *Euglenen* sammt ihren Parasiten ruhig immer auf derselben Stelle bleiben, indem sie den schon erwähnten häutigen Ueberzug bilden, welcher sich leicht mit einem Messer vom Gefässe auf das Objectglas übertragen lässt.

des gesammten Protoplasmas zweier Individuen hervorgeht; die Spore ist daher als Zygospore, aber auch wegen der sexuellen Verschiedenheit der gepaarten Individuen, als Oospore zu bezeichnen.

Die männlichen Individuen, welche in Copulation eintreten, können in jedem Alter stehen (Taf. IX. Fig. 7m, 8m, 10m) und man trifft selbst solche, welche bei dem Acte der Befruchtung nicht weiter in ihrer Entwickelung vorgeschritten sind als keimende Schwärmsporen (Taf. IX. Fig. 11m). Die Weibchen dagegen copuliren erst in demjenigen Zustande, in welchem sie auch selbst Schwärmsporen bilden könnten.

Die Copulation beginnt damit, dass aus dem Körper des Weibchens durch eine kreisrunde Oeffnung das gesammte Protoplasma in ähnlicher Weise in einer bruchsackartigen Blase austritt, wie wir dies bei der Bildung der Zoosporangien bereits geschildert haben; es verhält sich daher der Körper des Weibchens auch in Bezug auf die Erzeugung der Oospore als Prosporangium. Das Protoplasma wölbt sich durch die Oeffnung nach aussen als eine ovale Blase, welche langsam an Grösse zunimmt, während in der allmählich sich entleerenden weiblichen Zelle vacuolenähnliche Räume entstehen und derselben zuletzt ein netzartig schaumiges Aussehen verleihen. Sobald das gesammte Protoplasma aus der weiblichen Zelle ausgetreten ist, bildet es eine ovale Masse, welche unmittelbar vor der Oeffnung liegt, und entspricht nun einer Befruchtungskugel oder Gonosphaere; die verlängerte Schlauchform, der wir oben bei Bildung der Zoosporangien oft begegnet waren, kommt nur ausnahmsweise vor. Nach meiner Meinung besitzt die Befruchtungskugel (Gonosphaere) anfangs keine eigentliche Zellhaut, sondern ist nur von einer Hautschicht begrenzt, welche am Scheitel in weicheres Protoplasma übergeht.

Die Befruchtung geschieht so, dass das ausgetretene Gesammtplasma eines Weibchens sich mit dem Gesammtplasma eines Männchens vereinigt; die Copulation zweier Geschlechtszellen wird durch die gruppenweise Lagerung der Parasiten erleichtert. Der ausgetretene Protoplasmakörper oder die Befruchtungskugel eines Weibchens kommt bei der Copulation in Berührung mit dem stielartigen Haustorium eines benachbarten Männchens; die Membran des Haustoriums wird an der Berührungsstelle aufgelöst; sodann wird das gesammte Plasma der Männchenzelle durch das Haustorium entleert und fliesst mit dem weiblichen zusammen (Taf. IX. Fig. 7, 9). Der Inhalt des Männchens

nimmt während des Ueberfliessens eine ähnliche schaumige Beschaffenheit an, wie wir dies oben bei den Weibchen angegeben haben (Taf. IX. Fig. 8 m. f). Wahrscheinlich vergehen mehrere Stunden, ehe die beiden copulirten Individuen sich vollständig entleert haben.

Nachdem der Protoplasmakörper, der aus dem Weibchen hervorgetreten war, mit dem Plasma des Männchens sich vereinigt hat und dadurch befruchtet ist, entwickelt er sich zur Zygospore; er bekleidet sich in seinem Umfang mit einer Zellhaut, welche erst zart, einfach, später dicker und aus zwei gesonderten Schalen, Intine und Exine, gebildet ist; die letztere wird gelb, bleibt aber glatthäutig. Im Inhalt der Zygospore tritt ein grosser Oeltropfen neben vielen kleineren auf (Taf. IX. Fig. 8, 10 o); das auf der einen Seite der Spore adhärirende Weibchen und das befruchtende Haustorium des Männchens grenzen sich durch Scheidewände ab, bleiben aber als leere Häute immer mit der Spore in Verbindung (Taf. IX. Fig. 10, 12, 13). Die Lage des Männchens zur ovalen Spore ist fast immer so, dass das befruchtende Haustorium an dem einen Theile der Spore mit seiner kleinen Oeffnung ansetzt, während das Weibchen mit breiterer Oeffnung entweder am diametralen Pole (Taf. IX. Fig. 7, 8, 9, 10), oder auch an einer anderen, selbst um 90° divergirenden Stelle angeheftet ist

Bemerkenswerth ist, dass das stielartige Haustorium, vermittelst dessen das Männchen copulirt, oft seitliche Verästelungen entwickelt hat und daher offenbar vorher zur Einsaugung der Nahrung, nach der Copulation aber umgekehrt zur Entleerung des männlichen Protoplasma diente, also zuerst als Ernährungsorgan, sodann als Befruchtungsröhre oder Pollinodium sich verhält. Je nach der grösseren oder geringeren Entfernung der copulirten Geschlechtszellen ist das befruchtende Haustorium oft ausserordentlich lang (bis zu 125 Mikr.), zu anderen Malen aber auch weit kürzer, und manchmal sitzt der Körper des Männchens unmittelbar auf der Dauerspore mit einer ähnlichen jedoch engeren Oeffnung wie das Weibchen. Selten, wenn die Oeffnungen der beiden Geschlechtszellen nahezu gleich gross sind, kann man dieselben eben nur an ihrer verschiedenen Grösse unterscheiden (Taf. IX. Fig. 12). Es machte dies auf mich den Eindruck, als sei das kurze befruchtende Haustorium des Männchens vollständig im Protoplasmakörper des Weibchens aufgelöst worden. Nicht selten gehen von der Peripherie einer Dauerspore ein oder mehrere Haustorien hervor, welche sich sogar in feinere Aeste verzweigen (Taf. IX. Fig. 8 a, Fig. 10 a); sie treten dann in der Regel in unmittelbarer Verlängerung des befruchtenden Hausto-

riums aus; hier glaube ich den Beweis für eine ursprüngliche Verbindung der beiden Haustorienhälften und die Auflösung des Mittelstückes durch die ausfliessende weibliche Protoplasmamasse zu finden, obwohl es mir nicht glückte, den Vorgang an einem und dem nämlichen Exemplar vollständig zu verfolgen. Auf der anderen Seite kommt es, wenn auch verhältnissmässig seltener vor, dass das am stärksten entwickelte Haustorium eines Männchens nicht zur Befruchtung benutzt wird, letzteres vielmehr mit einem anderen Theil seines Körpers copulirt ist (Taf. IX. Fig. 12).

Die reifen Dauersporen sind in ihrer Gestalt ziemlich verschieden, in der Regel oval, doch auch mit unregelmässigerem Umriss; ihre Grösse entspricht der ihrer Copulationszellen; doch scheinen sie die Länge von 30 Mikr. und die Breite von 20 Mikr. nicht zu überschreiten.

Während sich die Dauersporen entwickeln, kommt anfangs in einzelnen Exemplaren auch noch ungeschlechtliche Schwärmsporenbildung vor; später aber finden sich in den ganzen Culturen ausschliesslich befruchtete Dauersporen. Auffallend ist, dass die beiden Geschlechter in den *Polyphagus*gruppen sich in gleicher Zahl entwickeln und sich daher nur ganz ausnahmsweise ein Weibchen findet, bei welchem der Plasmakörper seitlich hervorgetreten und mit einer Membran bekleidet ist, ohne doch, weil er mit keinem Männchen kopulirte, zu einer wirklichen Dauerspore sich zu gestalten.

5. *Stachelhäutige Dauersporen.* In denselben Culturen und zur nämlichen Zeit, wo sich die glatthäutigen Oosporen auf die eben beschriebene Weise entwickeln, bildet sich auch noch eine andere Art von geschlechtlich erzeugten Dauersporen. Sie sind fast stets kugelig, mit einer derben, doppelten Membran umgeben, deren Exine zuerst schwefel-, dann dunkler gelb gefärbt und mit feinen Stacheln dicht besetzt ist. Sie variiren in der Grösse wenig und selten (im Mittel 30 Mikr.). Ganz übereinstimmend mit dem der glatten Sporen ist auch ihr körniger Inhalt und der centrale grosse gelbe Oeltropfen, der oft ein Drittel des Sporendurchmessers einnimmt. Ich glaube gefunden zu haben, dass die stacheligen Sporen sich in etwas anderer Weise entwickeln, als die glatten. Während bei den letzteren aus der Zelle des Weibchens das gesammte Protoplasma bereits ausgetreten ist, ehe es noch mit dem befruchtenden Aste des Männchens sich copulirt, beobachtete ich einige Male, dass zur Erzeugung einer stacheligen Spore ein von dem Männchen ausgehendes Haustorium an die Seitenwand eines Weibchens anstiess, und dass erst in Folge dieser Berührung aus dem Körper des Weibchens

eine gewölbte, bereits mit Stacheln bedeckte Ausstülpung hervortrat, in welche sich sowohl aus dem Männchen, als auch aus dem Weibchen das Protoplasma langsam hinein ergoss, während in ihren Zellen selbst die schaumige Vacuolenbildung eintrat; erst ganz allmählich erwuchs jene Ausstülpung zu einer vollständigen Dauerspore (Taf. IX. Fig. 14, 15). Die stacheligen Sporen von *Polyphagus* entstehen daher ähnlich wie die Zygosporen von *Piptocephalis* und *Syncephalis*; sie wachsen auch vollständig analog mit jenen [1]) und zeigen einen ähnlichen stacheligen Bau ihrer Membran. Die zur Erzeugung der Stachelsporen copulirenden *Polyphagus*-Individuen finden sich ebenfalls in Gruppen vereinigt; sie sind gewöhnlich grösser und kräftiger als die der glatthäutigen Sporen, so dass sie sich offenbar unter günstigeren Verhältnissen, reichlicher Ernährung und Beleuchtung entwickeln. Ob die glattsporigen und die stachelsporigen *Polyphagus*-formen als zwei verschiedene constant sich vererbende Generationen (Arten, Racen), oder ob sie nur als unwesentliche Abänderungen derselben Art zu betrachten sind, wollen wir nicht entscheiden, da es uns noch nicht gelang, die beiden Formen durch mehrere Generationen rein zu züchten; vielleicht ist die stachelhäutige die Normalform und die glatthäutige auf eine minder kräftige Vegetation des Parasiten zurückzuführen.

5. Keimung der Dauersporen. Die Keimung der stacheligen Sporen habe ich nicht beobachtet, wohl aber die der glatthäutigen. Ungefähr nach einem Monate verkleinerte sich der grosse Oeltropfen in denselben oder er zertheilte sich in kleine Tröpfchen; dann durchbohrte der Protoplasmakörper der Spore die Exine und trat als Blase nach aussen hervor, ganz so, wie wir es bei Bildung der Zoosporangien bereits beschrieben haben. Der aus der Dauerspore ausgetretene Protoplasmakörper bildete sich ebenfalls zu einem Zoosporangium aus, in welchem um gelbliche Kerne (Taf. IX. Fig. 16 z) die Schwärmsporen entstanden. Es lässt sich daher mit Bezug auf ihr Verhalten bei der Keimung die geschlechtlich erzeugte Dauerspore von *Polyphagus* gewissermassen als Dauerprosporangium auffassen.

6. Systematische Stellung von Polyphagus. Was die systematische Stellung unseres Organismus betrifft, so gehört derselbe trotz seiner vielen Eigenthümlichkeiten ohne Zweifel zu der Familie der

---

[1]) Dr O. Brefeld. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, I. Heft. Leipzig 1872 p. 49. Taf VI. Fig. 19 h. Van Tieghem, nouvelles Recherches sur les Mucorinées. Ann. d. sc. nat. 6. ser. I. pag. 122. fig. 89–93.

Chytridiaceen; als Mitglied derselben charakterisiren ihn insbesondere die Entstehungsweise und der Bau seiner Schwärmsporen; auch seine anderen Merkmale sind den *Chytridiaceen* nicht fremd. Er besteht namentlich während seines Vegetationszustandes aus einer einzigen Zelle; das Hervorsprossen mehr oder weniger zahlreicher Haustorien findet sein Analogon bei dem von mir beschriebenen *Chytridium Mastigotrichis*[1]). Das Zoosporangium dieses *Chytridiums* aber entspricht morphologisch nicht dem von *Polyphagus*, sondern offenbar seinem Prosporangium.

Da sich das Zoosporangium bei *Polyphagus* durch eine Scheidewand von der vegetativen Zelle des Parasiten (Prosporangium) abtrennt, so könnte es scheinen, als ob unser Organismus zweizellig sei und zur Gattung *Rhizidium* gehörte; diese Vermuthung ist bereits von A. Braun und Schenk[2]) ausgesprochen worden, die unseren Parasiten deshalb als *Rhizidium Euglenae* bezeichneten; denn ich bin überzeugt, dass auch das von Bail beschriebene *Chytridium Euglenae* mit dem *Rhizidium Euglenae* identisch ist.

Die Gattung *Rhizidium* ist jedoch während ihrer ganzen Entwickelung immer zweizellig; die eine ihrer Zellen ist die verzweigte Wurzelzelle, die andere wird zum Zoosporangium, in dessen Innern sich die Zoosporen bilden. Dieser Unterschied trennt also schon vollständig die beiden Gattungen. Doch stehen ohne Zweifel *Polyphagus* und *Rhizidium* sich sehr nahe und bilden einen besonderen Verwandtschaftskreis (*Rhizidieae*), in den vermuthlich auch unser *Obelidium*[3]) sich einreihen wird. Namentlich ist die Keimung der Dauersporen bei *Rhizidium* und *Polyphagus* ganz übereinstimmend, da bei beiden Gattungen der Gesammtinhalt der Dauerspore aus den Sporenhäuten austritt und zu einem Zoosporangium wird.

Auf der anderen Seite erinnert die Entstehung der Zoosporangien aus dem ausgetretenen Protoplasma der *Polyphagus*zellen, welche sich in Bezug auf die Schwärmsporenbildung als Prosporangien verhalten, an die ähnlichen Erscheinungen, welche Sorokin bei *Zygochytrium* und *Tetrachytrium* entdeckt hat[4]). Nach Sorokin bildet aber bei letzterwähnten Organismen aus dem ausgetretenen Protoplasma das Zoosporangium sich erst nach seiner vollständigen Trennung von dem Prosporangium, während bei *Polyphagus* das Zoospo-

[1]) Siehe diese Beiträge Band II. Heft I. p. 83 Taf. IV. Fig. 15—19.

[2]) A. Braun, Monatshefte der Berliner Akademie 1856 p. 592. Schenk, Algologische Mittheilungen l. c. p. 247.

[3]) l. c. p. 86.

[4]) Sorokin, Einige neue Wasserpilze. Botanische Zeitung 1874 No. 20.

ra ım immer auf dem Prosporangium an der durch eine Scheide-
su abgeschlossenen Austritts-Oeffnung angewachsen bleibt. In
ser Beziehung entspricht die Entwickelungsweise der Zoosporan-
gien bei *Polyphagus, Zygochytrium* und *Tetrachytrium* ganz beson-
ders auch den analogen Erscheinungen, welche die *Saproleg-
aceen*gattung *Pythium* zeigt[1]). Während demnach in der
eschlechtlichen Fortpflanzung obige *Chytridiaceen* offenbare, übri-
schon früher oft betonte Verwandtschaft mit den *Saprolegnia-*
besitzen, nähern sie sich in ihrer geschlechtlichen Fortpflanzung
ler den *Zygomyceten*. Diese Verwandtschaft, auf welche
Sorokin aufmerksam gemacht hat, tritt am deutlichsten bei
m *Zygochytrium* hervor, wo sich zwei Mycelaeste eines Indivi-
e zur Bildung einer stacheligen Dauerspore copuliren. Bei
phagus ist ein Unterschied der Geschlechter, wenn auch nicht
nmen ausgesprochen, welcher die Individuen als diöcisch
irt und eine neue merkwürdige Zwischenstufe zwischen
und sexueller Befruchtung darstellt.

Grund oben erwähnter Thatsachen gehören die in Bezug
lechtliche Fortpflanzung genauer untersuchten Gattun-
ridiaceen zur Gruppe der *Siphomyceten*. In welcher
aber zu dieser Gruppe die übrigen *Chytridiaceen* und
ndere die *Synchytrien* stehen, bei welchen keine Befruchtung
gefunden wurde, müssen die späteren Untersuchungen
ermitteln.

Breslau, den 20. Juni 1876.

---

[1]) Vergl. Pringsheim, Jahrbücher Band I. p. 287. De Bary, Pringsheims Jahrbücher II. p. 182. Vergl. Hesse, *Pythium Debaryanum*, Halle 1874 p. 20.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren sind mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet.

Tafel VIII.

Die Figuren 8, 9, 10 sind 600 Mal, die übrigen 400 Mal vergrössert.
hh Haustorien, ee *Euglenen*.

Polyphagus Euglenae.

Fig. 1. Zwei keimende Schwärmsporen je mit einem stark lichtbrechenden Kerne und fünf strahlenartig ausgehenden Keimfäden (Haustorien), deren zwei schon etwas dicker und in die nebenliegenden *Euglenen* ee eingedrungen sind.

Fig. 2. Ein junges Individuum mit einem dickeren Haustorium h, welches in eine schon zerstörte *Euglena* e eingedrungen ist und seitliche Aeste treibt. Von den übrigen fadenförmigen Haustorien stösst eines an eine grüne *Euglena* an, während die anderen noch frei liegen. Das Protoplasma des birnförmigen Parasitenkörpers enthält kleine Oeltropfen.

Fig. 3. Ein ähnliches aber älteres Exemplar mit einem kräftig entwickelten Haustorium. Von den drei ergriffenen *Euglenen* ist eine schon gelb und offenbar zerstört, die zwei übrigen noch grün.

Fig. 4. Ein junger Parasit mit einem kurzen dicken, in eine zerstörte *Euglena* e eingedrungenen Haustorium, die übrigen Haustorien sind dünn, fadenförmig; ihre sich verzweigenden Aeste dringen ebenfalls in *Euglenen* ein. Das Protoplasma des Parasiten enthält Oeltropfen.

Fig. 5. Drei Parasiten auf einer *Euglena* sich entwickelnd.

Fig. 6. Ein Parasit, viele Oeltropfen enthaltend, und unmittelbar auf einer *Euglena* aufsitzend, in deren Körper eines seiner Haustorien völlig eingedrungen ist.

Fig. 7. Ein typisch entwickeltes Individuum vor der Zeit der Zoosporangienbildung. Aus dem rundlichen, zahlreiche Oeltropfen enthaltenden Körper p (Prosporangium) gehen nach allen Seiten wurzelförmig sich verzweigende Haustorien aus; sie enden in den fast sämmtlich zerstörten *Euglenen;* aa seitliche Aeste der in die *Euglenen* (e) eingedrungenen Haustorien.

Entwickelung der Zoosporangien (Fig. 8—13).

Fig. 8, 9, 10. Drei verschiedene Exemplare von Prosporangien, den Austritt der Protoplasmablase in drei aufeinander folgenden Stufen zeigend; hhh abgeschnittene Haustorien; vv zwei vacuolenähnliche Räume.

Fig. 11. Die ausgetretene ovale Protoplasmablase sitzt seitlich am Prosporangium p; das in diesem zurückgebliebene Protoplasma zeigt schaumigen Bau.

Fig. 12. Ein junges, aus dem ausgetretenen Protoplasma gebildetes Zoosporangium z ist schon mit einer Haut bekleidet; das im Prosporangium zurückgebliebene Protoplasma zeigt schaumigen Bau. Die Haustorien hh sind abgeschnitten.

Fig. 13. Das Zoosporangium z hat sich von dem entleerten Prosporangium p, aus welchem sein Protoplasma durch ein kreisförmiges Loch herausgetreten ist, durch eine Scheidewand abgetrennt; a ein durch eine *Euglene* durchgewachsenes Haustorium ist in eine benachbarte *Euglena* eingedrungen.

Tafel IX.

Entwick[illegible] der Zoosporen (Fig. 1—6).

Fig. 1. [illegible] ses gebogenes und unregelmässig gekrümmtes [illegible] der Zeit der Schwärmsporenbildung, auf dem [illegible]angium p sitzend; hh zwei abgeschnittene Haustorien.

Fig. 2. [illegible] ähnliches Zoosporangium, aber kleiner.

Fig. 3. [illegible] Zoosporangium, junge Schwärmsporen enthaltend; p [illegible]sporangium, hhh abgeschnittene Haustorien.

Fig. 4. Vergr. 600. Ein kleines Zoosporangium, nur zwei Schwärmsporen enthaltend; h Haustorium, p Prosporangium.

Fig. 5. Vergr. 400. Schwärmsporen, durch die terminale Oeffnung des Zoosporangiums austretend; p Prosporangium, hh abgeschnittene Haustorien.

Fig. 6. Vergr. etwa 800. Schwärmsporen, stark lichtbrechende Kerne und Vacuolen enthaltend.

Entwickelung der geschlechtlichen Dauersporen (Zygosporen, Oosporen).
Glatte Dauersporen (Fig. 7—13).

Fig. 7. Vergr. 400. Das Weibchen f mit einem stark entwickelten in der zerstörten *Euglena* e endenden Haustorium h lässt sein Protoplasma o seitlich austreten; dieses wird von einem Männchen m vermittelst eines als Befruchtungsröhre dienenden Haustorium h befruchtet; das Männchen hat noch zwei fadenförmige Haustorien entwickelt

Fig. 8. Vergr. 600. Weitere Ausbildung der befruchteten Dauerspore mit einem grossen und zahlreichen kleineren Oeltropfen; m Männchen, f Weibchen, noch schaumartiges Protoplasma enthaltend; hh Haustorien in die zerstörten *Euglenen* ee eindringend; a ein Haustoriumast, aus der Wand der Dauerspore herauswachsend, wahrscheinlich früher dem Männchen angehörig.

Fig. 9. Vergr. 750. Zwei geschlechtliche Individuen zur Befruchtung der Dauerspore copulirt; ihr Protoplasma ist in Vereinigung begriffen, wie die Contraction durch Glycerin deutlich erkennen lässt; f das weibliche, m das männliche Individuum mit ihren in *Euglenen* eee eingedrungenen Haustorien hh; o die in Folge der Befruchtung entstehende, schon mit einer dicken Haut umgebene Oospore.

Fig. 10 und folgende sind 400 Mal vergrössert. Die Dauerspore o mit einem grossen und vielen kleineren Oeltropfen, von einem sehr kleinen Männchen m befruchtet; a ein Theil des befruchtenden Haustoriums des Männchens m ist nicht vom Protoplasma des keulenförmigen Weibchens aufgelöst und bleibt an die Wand der Dauerspore o angewachsen.

Fig. 11. Eine glatthäutige Dauerspore, einen grossen Oeltropfen enthaltend; m ein sehr kleines Männchen mit drei fadenförmigen Haustorien; f Weibchen.

Fig. 12. Eine kleine glatthäutige Dauerspore, entstanden aus der Copulation zweier gleich gestalteter und nur durch die Grösse verschiedener keulenförmiger Individuen.

Fig. 13. Eine glatthäutige Dauerspore o, einen grossen Oeltropfen enthaltend; das Männchen m ist in seiner Form und Grösse kaum von dem Weibchen unterscheidbar.

Stachelige Dauersporen (Fig. 14, 15).

Fig. 14. Eine stachelige Dauerspore, welche sich noch während der Befruchtung vergrössert; f das Weibchen, dessen Protoplasma zahlreiche Oeltropfen enthält; m das Männchen mit einem langen befruchtenden Haustorium, einen Oeltropfen enthaltend; von den vielen übrigen fadenförmigen Haustorien sind zwei in *Euglenen* eingedrungen ee.

Fig. 15. o Eine vollständig ausgebildete stachelige Dauerspore, einen grossen Oeltropfen enthaltend; f das entleerte Weibchen mit abgeschnittenen Haustorien hhhhh; m das entleerte Männchen.

Fig. 16. o Eine glatthäutige Dauerspore keimend; im Zoosporangium z bilden sich Schwärmsporenkerne.



Die Keimung der Sporen und die Entstehung der Fruchtkörper bei den Nidularieen.

Von

Dr. Eduard Eidam.

Mit Tafel X.

Einleitung. Die zur Gruppe der *Nidularieen* gehörigen Pilze sind schon oftmals beschrieben worden; das sonderbare Aussehen der reifen Fruchtkörper dieser den *Gasteromyceten* sich anschliessenden Gebilde musste frühzeitig zu näherer Beobachtung auffordern. Dennoch sind die tiefer eingehenden entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen über die *Nidularieen* verhältnissmässig neueren Datums. Es war zuerst J. Schmitz[1]), der den merkwürdigen Bau des in Laubwäldern häufigen *Cyathus striatus* Willd. von seinen jugendlichen Zuständen an bis zur völligen Reife studirt hat und bereits zwei Jahre darauf erschien eine Arbeit der Gebrüder Tulasne[2]), welche die Untersuchungen von Schmitz in ausgezeichneter Weise fortgesetzt und vervollständigt, zugleich auch die erste monographische Bearbeitung der *Nidularieen* und deren Reduction auf die Gattungen *Cyathus, Crucibulum* und *Nidularia* unternommen hatten. Endlich ist von Sachs[3]) eine vorzügliche Entwickelungsgeschichte des *Crucibulum vulgare* Tul. veröffentlicht worden.

Die genannten Forscher gingen bei ihren Untersuchungen von den bereits fertig gebildeten Pilzen aus, sie stellten sich die Aufgabe, jene interessanten Gewebsdifferenzirungen kennen zu lernen, welche mit dem Erscheinen der Fruchtkörper als sandkorngrosse

---

[1]) *Linnaea* Band 16 Heft 2. 1842.

[2]) Annal. des scienc. naturell. Sér. 3. Tom. I. 1844.

[3]) Botan. Zeitung 1855 No. 48. vgl. auch dessen Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl. 1874 S. 338.

stehen beginnen, um mit den reifen zierlichen Bechern abzuiessen, deren Inneres von zahlreichen linsenförmigen Sporangien efüllt wird.

Während wir also über die in den heranwachsenden Fruchtan vor sich gehenden Umbildungen wenigstens bei *Cyathus* und *cibulum* sehr genau unterrichtet sind, ist dies um so weniger mit Keimung der Sporen, sowie mit dem Verhalten des aus letzteren rorgehenden Myceliums der Fall und ferner bedarf die Art, wie s Gestaltung der Fruchtkörper stattfindet, noch näherer . Alles, was wir von der Sporenkeimung wissen, beankt sich auf einige lückenhafte Angaben über *Cyathus striatus*, welchem Pilze sie bereits Hoffmann[1]) im Jahre 1859 und sse[2]) kürzlich auf's Neue beschrieben und abgebildet haben. Keimung der Sporen von *Crucibulum* aber ist überhaupt bis nicht gelungen und noch jüngst von Reess[3]) ohne Erfolg vert worden.

Während des vergangenen Winters stellte ich im pflanzenphysioen Institut der Universität Breslau zahlreiche Culturversuche en Sporen von *Crucibulum vulgare* Tul. und *Cyathus striatus* ch beobachtete deren Keimung, sowie die Ausbildung auf künstlichen und natürlichen Nährsubstraten, endlich ich den Aufbau ihrer Fruchtkörper von den allerjüngsten änden an bis zur Sonderung der Gewebeschichten im Innern derselben.

Methode. Da alle bisherigen Versuche der Forscher, die Sporen von *Nidularieen* und von *Gasteromyceten* überhaupt zur Keimung anzuregen, theils gar nicht, theils nur mangelhaft das gewünschte Ziel erreichen konnten, so suchte ich eine andere Methode in Anwendung zu bringen, welche geeignet wäre, ein kräftiges Mycel zu erziehen und dabei die unausgesetzte Beobachtung mit dem Mikroskop zu gestatten. Denn die Erfolglosigkeit der früheren Bemühungen musste eben nur darin zu suchen sein, dass die Sporen nicht in die für ihre Keimung und weitere Entwickelung erforderlichen Umstände gebracht worden waren, so dass sie kurz vor oder nach der Keimung zu Grunde gingen. Das von mir benutzte Verfahren bestand darin, dass ich die Sporen bei gleichzeitiger Gegenwart passender Nähr-

1) Botan. Zeitung 1859 No. 25.

2) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik von Pringsheim 1875. 10. Bd. 2. H.

3) Ueber den Befruchtungsvorgang bei den *Basidiomyceten*. Pringsheim's Jahrbücher 10. B. 2. H. S. 185.

verhältnisse einer Tag und Nacht anhaltenden Temperatur von 20 bis 25 ° C. aussetzte unter Glasglocken, deren Innenraum ganz und gar mit feuchtem Fliesspapier überkleidet war. Durch diese, vermittelst eines Wärmkastens erzielten höheren Wärmegrade wurde die Lebensthätigkeit der ausgesäten Sporen gefördert und die rasche Mycelentfaltung erheblich begünstigt. Uebrigens stellte ich auch während der Monate October bis December 1875 bei gewöhnlicher Zimmertemperatur Keimungsversuche an, welche ebenfalls, nur viel langsamer und unregelmässiger, von Erfolg begleitet waren.

Als Culturflüssigkeit verwendete ich neben Abkochungen von Pflaumen, Rinde, Heu, zersetztem Holz etc. am meisten krystallklar filtrirtes, nach Brefeld'scher Methode dargestelltes Pferdemistdecoct, welches wegen seiner Bestandtheile und seiner Haltbarkeit nach meinen Erfahrungen am besten zu derartigen Versuchen geeignet ist.

Alle künstlichen Culturflüssigkeiten haben aber neben dem Vortheil der jederzeit ermöglichten mikroskopischen Beobachtung immer den Nachtheil, dass wir bei Anwendung derselben nicht allein die Pilze zwingen, in einem ihren natürlichen Bedingungen der Regel nach nicht entsprechenden Medium sich anzusiedeln, sondern dass wir auch bei unserer noch mangelhaften Kenntniss über die physiologischen Wachsthumsverhältnisse dieser Organismen ihnen eine Nahrung darreichen, von der wir nicht wissen, ob sie alle Stoffe enthält, welche diese Pflanzen in der Natur für sich verwenden. Wenn der Pilz üppig wächst, so können wir zwar annehmen, dass ihm die gebotene Nahrung zusagt, dennoch aber sind nur selten alle Umstände vorhanden, um seine sämmtlichen Entwickelungsstadien und Fruchtformen hervorzurufen, so dass wir in dieser Beziehung eben sehr häufig wieder zu natürlichen, d. h. nicht flüssigen Substraten zurückgreifen müssen.

Zum Zweck der Aussaat brachte ich die harten und spröden Sporangien, nachdem bei *Crucibulum* die äussere pergamentartige Hülle durch Schälen mit der Nadel entfernt worden war, zunächst einige Minuten in absoluten Alkohol, um etwa anhängende fremde Pilzsporen zu tödten, darauf legte ich sie in einen Tropfen destillirten Wassers und liess sie so eine Viertelstunde lang mazeriren. Nach dieser Zeit waren sie völlig erweicht und durch Zerdrücken mit reinen Nadeln erhielt das Wasser eine milchweisse Farbe, von den in ihm suspendirten zahlreichen Sporen herrührend. Die Reste des schleimigen Funiculus wurden entfernt und das so gewonnene möglichst reine Sporenmaterial zur Aussaat verwendet. Sobald die Keimlinge etwas an Grösse zugenommen hatten, vertheilte ich sie

zu einem oder wenigen in frische Culturtropfen und erneuerte letztere, um die Ansiedelung von Hefe und Bacterien möglichst zu hindern, nach täglich wiederholtem vermittelst Fliesspapier ausgeführtem vorsichtigem Wegwischen.

Cyathus striatus Willd.

Das von mir zu den Aussaatversuchen angewendete Material entstammte *Cyathus*-Bechern, welche im October vorigen Jahres gesammelt und seitdem trocken aufbewahrt worden waren.

Sporenkeimung. Frisch aus den Sporangien genommen und in Wasser vertheilt sind die Sporen farblos, mehr oder weniger regelmässig, von länglich ovaler Gestalt, oft beiderseits eingedrückt; sie besitzen ein vollständig glattes Epi- und Endosporium. Ihre durchschnittliche Länge beträgt 18 Mikr., ihre Breite 9—10 Mikr. Als ich sie in Mistdecoct bei einer Temperatur von etwa 25° C. aussäte, nahmen sie bald von aussen Flüssigkeit ins Innere auf, sie schwollen prall an, ihr gleichmässig feinkörniges Protoplasma sonderte sich in Folge der regen Endosmose in dichtere Partieen, welche vereinzelte oder mehrere mit dünnerem Inhalt erfüllte Hohlräume netzartig umgaben. In seltenen Fällen theilte sich die Spore kurz vor der Keimung durch eine Scheidewand in zwei etwa gleichgrosse Hälften.

Hierauf wurde das Episporium von den hervordringenden Keimschläuchen durchbrochen, Fig. 1, 2, 3, 4. Gewöhnlich kamen letztere zu einem oder zwei, Fig. 2, an den abgerundeten Enden der Spore zum Vorschein, in anderen Fällen jedoch entstanden sie in unbestimmter Gegend seitlich, Fig. 1, und zwar liessen einzelne Sporen bis drei Keimschläuche erkennen, Fig. 3. Sehr häufig verzweigten sich letztere unmittelbar an der Austrittsstelle, Fig. 4, worauf jeder Zweig in entgegengesetzter Richtung weiter wuchs und durch diesen Umstand gewann es den Anschein, als ob zwei Keimschläuche gleichzeitig von demselben Punkt aus sich entwickelt hätten. Letzteren Vorgang hat Hoffmann[1]) bereits richtig beschrieben, und wenn auch nicht gut, so doch deutlich erkennbar abgebildet, was ich hier ausdrücklich bemerke, weil Hesse[2]) in Folge seiner

[1]) l. c. Taf. 11. Fig 21.

[2]) l. c. Anm. Ich bemerke, dass die von Hesse für seine Figuren angegebene Vergrösserung von 300 unmöglich richtig sein kann; der Grösse dieser Abbildungen nach muss sie mehr als das Doppelte betragen. Wahrscheinlich sind die Bilder, ebenso wie die meinigen, mit dem Zeichnenprisma entworfen und hat Hesse die je nach der Entfernung des Papieres vom Objecttisch bedeutend gesteigerte Vergrösserung nicht in Rechnung gezogen.

Beobachtung der Ansicht ist, als ob Hoffmann's Keimversuche „in ihrem Resultate der Wirklichkeit fern geblieben wären." Hesse säte die Sporen überhaupt nur in destillirtes Wasser aus, so dass sie auch von aussen keine Nahrung weiter aufzunehmen im Stande waren und keine Rede von der Erziehung eines kräftigen Myceliums sein konnte. So beschränkt sich denn das Ergebniss seiner Versuche allein darauf, dass er einen oder selten zwei kümmerliche Keimschläuche erhielt, welche höchstens die zwei- bis dreimalige Länge der Spore erreichten, „mitunter ein ganz kurzes Seitenzweiglein bildeten," dann im Wachsthum stillstanden und in kurze cylindrische Zellchen auseinanderfielen.

In die entstehenden Keimschläuche nun fliesst fast das gesammte Plasma der Spore über; letztere nimmt immer mehr Wasser von aussen her auf, in Folge dessen wird ihr Volumen vergrössert, die Vacuolen im Innern werden vermehrt und das Plasma auf einige strangartige Reste beschränkt, Fig. 1—4.

Die Keimschläuche selbst sind ihrem ganzen Verlauf nach von gleichmässiger Dicke, höchstens an der äussersten Spitze verjüngen sie sich etwas, sie wachsen rasch in die Länge und zeichnen sich durch die fast gerade, nur schwach wellenförmig oder in weitem Bogen verlaufende Richtung aus, welche sie einschlagen. Immer an ihrem Ende findet sich das dichteste Protoplasma, weiter zurück treten mehr und mehr Vacuolen auf und die Zellmembran erscheint deutlicher. Nicht immer jedoch ist der Vorgang so regelmässig, und als ich die Sporen in ungünstige Nährflüssigkeiten oder bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im Februar und März aussäte, entwickelten sich spärliche Keimschläuche, welche nur wenig und langsam sich verlängerten, knorrig hin und her gebogen waren und an verschiedenen Stellen Dilatationen erkennen liessen, die später in kurze verdünnte Aeste übergingen.

An den normalen Keimschläuchen aber entstehen sehr bald zahlreiche Verzweigungen und Scheidewände. Letztere befinden sich oft dicht an der Austrittstelle, sie sind nur da deutlich sichtbar, wo das Protoplasma bereits die Vacuolenbildung begonnen hat. Wo eine Scheidewand zu bemerken ist, entsteht gewöhnlich unterhalb derselben ein Seitenast, obwohl letztere auch oberhalb der Septa oder mitten von der Zelle aus ihren Ursprung nehmen können, Fig. 2 bis 6. Die Verzweigung geschieht theils durch reichliche Verästelung des Hauptfadens, theils durch directe Gabelung desselben, bisweilen kommen unmittelbar neben einander auf derselben Seite des Fadens Aeste zum Vorschein, die nach entgegengesetzten Richtungen

wachsen und sich so kreuzen; in andern Fällen entstehen zwei Aeste auf gleicher Höhe einander gegenüber. Eine besondere Anordnung in der Astbildung ist nicht zu erkennen, alle Aeste aber gleichen in ihrem Durchmesser dem Hauptfaden und wie dieser wachsen sie nur schwach gebogen entweder parallel mit ihm oder in mehr oder weniger senkrechter Richtung abgewendet, weiter, Fig. 5.

Verhalten des Myceliums auf flüssigem und festem Nährboden. So breitet sich schon nach drei Tagen ein äusserst zarter spinnwebenartiger Filz in dem Culturtropfen aus, dessen einzelne Fäden sehr klebrig sind und beim Herausziehen der Nadel als schleimige Masse anhängen. Das junge Mycelium schwimmt auf der Oberfläche der Flüssigkeit, während am Grunde derselben die ungekeimten und todten Sporen entleert als Häute mit dicken zusammengefallenen Membranen herumliegen. Man muss mit Isolirung der Keimlinge beginnen, wenn dieselben noch möglichst klein sind, denn später verwirren sie sich unter einander und können nur unter Verletzung wieder getrennt werden. Nach Verlauf von etwa sechs Tagen durchzieht bereits ein reichliches Mycelium, von einer Spore ausgegangen, welche demselben als aufgeblasener Sack anhängt, die Nährlösung, mit zahlreichen nach allen Richtungen abgehenden Verästelungen ausgestattet. Ist der Tropfen klein, so kommen die Endausläufer des Myceliums aus demselben heraus, sie kriechen theils über seine Ränder auf den Objectträger, theils erheben sie sich in die Luft und so entsteht über der Flüssigkeit ein weisswolliges Filzgewebe. Aber nicht in allen Fällen kommt es zur Ausbildung eines so reichlichen fädigen Myceliums, viele Keimlinge zeigen vielmehr ein verschiedenes und sehr merkwürdiges Verhalten.

Während nämlich die meisten Aeste derselben in gewöhnlicher Weise weiterwachsen, bekommen andere zahlreiche Septa, sie gliedern sich in Folge dessen in länglich cylindrische Zellchen, winden sich hin und her und häufig rollen sie sich spiralig zusammen, Fig. 5 und 6. Nach kurzer Zeit fallen die gebildeten Zellen von den Tragfäden ab, Fig. 6, sie liegen in Menge theils zwischen dem Mycelium, theils in dem gesammten Culturtropfen zerstreut umher, theils isolirt, theils in verschiedener Anzahl spiralig, zickzack- oder kettenartig längere oder kürzere Zeit mit einander in Zusammenhang bleibend. Die eben beschriebene Bildung ist die gewöhnliche: nur einzelne Seitenäste, wohl auch die Enden von Hauptästen, zerfallen, Fig. 5, während das übrige Mycel weiter wächst und fortgesetzt neue Verzweigungen hervorbringt. Ein Theil der letzteren erhebt

sich senkrecht vom Mutterfaden aus über die Oberfläche der Flüssigkeit, entwickelt seitliche oder dichotome Aeste, welche kurz bleiben, und diesen Gebilden ein zierliches, baumartiges Ansehen verleihen. Bald aber gliedern sich die Aestchen ihrem gesammten Verlauf nach ebenfalls in kurze Zellen von derselben Beschaffenheit, wie sie oben beschrieben wurden und nur mit dem einen Unterschied, dass sie in solchen Fällen frei in der Luft entstanden sind. Aber noch andere Abweichungen sind zu bemerken. Befinden sich die Sporen in ungünstigen Nährverhältnissen, wohin auch der Fall zu zählen ist, dass ihrer zu viele in einem Culturtropfen vorhanden sind, so tritt bereits an den jungen, noch ganz kurzen Keimfäden die auffallende Neigung hervor, sich zu zergliedern und auseinanderzufallen, wie dies auch Hesse[1]) bereits angegeben hat. Ich beobachtete Sporen, welche mehr oder minder verästelte Keimschläuche getrieben hatten, aber schliesslich gänzlich in Gliedzellen auseinanderfielen, so dass also eine vollständige Zerbröckelung der Haupt- und Nebenäste eintrat, Fig. 7. Sobald aber das Mycelium kräftig gedeiht, so entstehen diese Zerfallprodukte viel seltener, auch wohl gar nicht, ersteres nimmt vielmehr dann Formen an, welche weiter unten beschrieben werden sollen.

Was die abgegliederten Zellen betrifft, so ist die Mehrzahl derselben dicht mit stark lichtbrechendem feinkörnigem Protoplasma angefüllt; die an einem Faden gemeinsam entstandenen sind oftmals so ziemlich von der nämlichen Länge, welche letztere wieder dem Breitendurchmesser gleich oder denselben um das Doppelte und mehr übertreffen kann, Fig. 6. Sie gleichen in diesem Zustande in hohem Grade den von mir[2]) an *Agaricus*arten beschriebenen Bildungen, welche bei Sporenculturen am Mycel dieser Pilze zum Vorschein kommen und welche ich seitdem in gleicher Weise bei *Agaricus pleopodius* Bull. erzielt habe und bei *Coprinus atramentarius* Bull., wo sie auf stattlichen Trägern sich entwickeln. Sehr häufig jedoch, zumal wenn das ganze oder der grösste Theil des aus einer *Cyathus*spore hervorgegangenen Myceliums zerbröckelt, sind die Zerfallzellen von ganz ungleicher Länge: bald zerbricht der Faden unter vielfachen Zickzackkrümmungen in eine Reihe grösserer, dann wieder kleinerer Stücke, bald finden sich diese beiden Formen gemischt vor.

Am meisten ähnelt das beschriebene Verhalten des *Cyathus*-Myceliums in Nährlösungen — denn auf festen Substraten konnte

---

1) l. c.
2) Botan. Zeitung 1875 No. 40, 41, 45.

nie beobachten — den bei dem gemeinen *Oidium lactis* schon t bekannten Erscheinungen, welchen Pils Haberlandt[1]) kürz- ifs Neue beschrieben und abgebildet hat. Auch bei *Oidium* treffen in ausserordentlicher Regelmässigkeit diese Zergliederung des mten Myceliums oder einzelner Zweige desselben.

ihte das weitere Verhalten der von dem *Cyathus*-Mycel rten Zellen zu beobachten. Es zeigte sich, wie ein Theil fallzellen, die kürzeren sowohl wie die längeren, anschwoll, n sich abrundeten und sie am Ende oder in ihrer Mitte faden entwickelten, Fig. 8 bis 12. Dabei liess sich noch kettenförmige Anordnung der aus einem Faden hervor- Glieder erkennen. Die Keimfäden wuchsen in die Länge, ten neue Verzweigungen, Fig. 10 und 11, und manchmal es, als ob zwei vorher getrennte Glieder vollständig mit der verschmolzen und anastomosirten, Fig. 8, 12. Doch konnte r über letzteren Punkt durch directe Beobachtung keine Ge- dit verschaffen.

kann aber keine Rede davon sein, die beschriebenen als „Spermatien" in unserem bisherigen Sinne anzusehen, ret wie dies fernerhin bei obigen *Agaricus*zellen zulässig nicht allein dass bei letzteren van Tieghem[2]) die Kei- gesehen und sie daher als Conidien bezeichnet hat, so scheint in Folge der neuerdings von diesem Forscher sowohl als von Brefeld (s. weiter unten) gemachten Entdeckungen über Entstehung der Hutpilze die Annahme einer Spermatienbefruchtung durchaus unzulässig.

Den *Cyathus*zellen scheint vielmehr ebenfalls die Rolle von Propagationsorganen zuzukommen und ich bin der Ansicht, dass sie überhaupt nur unter solchen Umständen entstehen, wo nicht alle dem Mycel zum andauernd kräftigen Gedeihen nothwendigen Bedingungen erfüllt sind. Ich betrachte sie daher als eine unter abnormen Verhältnissen eintretende Erscheinung, dazu bestimmt, das

[1]) F. Haberlandt, Wissenschaftlich-practische Unters. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, Wien 1875. Haberlandt erhielt bei seinen Culturen den von Brefeld 1869 entdeckten Myxomyceten *Dictyostelium mucoroides*, erkannte denselben jedoch nicht, sondern hielt ihn für eine besondere Entwickelung von *Oidium lactis*. In Folge dieses Irrthums glaubt er damit die bis jetzt vergeblich gesuchte Ascosporenform des *Oidium lactis* gefunden zu haben!

[2]) Bot. Zeitung 1876 No. 11. Annal. des scienc. naturell. Sér. VI. Tom. II. p. 361.

Mycel auch unter ungünstigen Bedingungen zu erhalten und fortzupflanzen.

Wenn in den Culturtropfen nur wenige keimende Sporen vorhanden sind, so dass die entstehenden Mycelien frei nach allen Richtungen sich ausbreiten können, wenn man ferner für öftere Erneuerung der Nährflüssigkeit Sorge trägt, so tritt die beschriebene Zergliederung nur selten an vereinzelten Aesten hervor. Das Mycel wächst vielmehr kräftig heran, es zeichnet sich durch die grosse Länge seiner einzelnen Zellen aus und die zahlreichen Verzweigungen wachsen oft so eng neben- und durcheinander hin, dass sie sich gegenseitig umschlingen und dadurch zu mehr oder minder dichten strangartigen Partieen gestalten. Ausserdem beginnt eine überaus reichliche Schnallenzellenbildung über die ganze Mycelfläche hin, und demselben ein sehr charakteristisches Ansehen verleihend. Bekanntlich entstehen die Schnallenzellen an Hyphen gewöhnlich in der Nähe von Scheidewänden durch Ausstülpungen, welche sehr kurz bleiben und nicht wie die Aeste vom Mutterfaden weg wachsen, sondern unter bogenförmiger Krümmung demselben sich alsbald wieder anlegen, wobei eine mehr oder weniger deutlich hervortretende Oese zu Stande kommt. Diese Bildungen habe ich an den Mycelien der untersuchten *Nidularieen* stets massenhaft und unter mancherlei Abänderungen auftreten sehen; ihr Aussehen am Mycel ist ein ganz anderes, als an den eigenthümlichen Zellen des *funiculus*, wo sie schon Schmitz[1]) und Tulasne[2]) beschrieben haben.

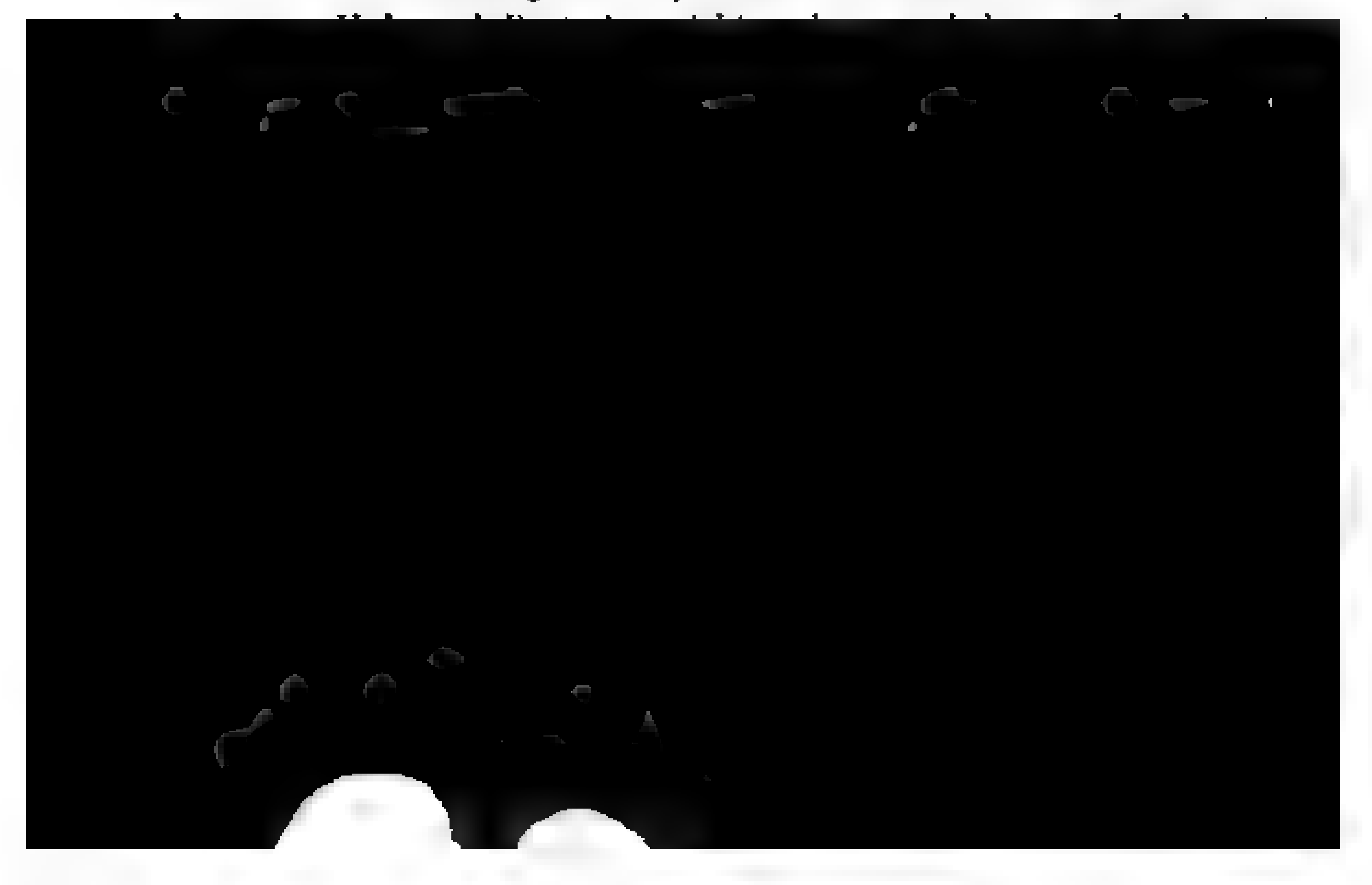
Die zu den Schnallenzellen sich gestaltenden Ausstülpungen entstehen an der Hyphe bald einseitig, bald auf beiden Seiten, Fig. 18 bis 22; in letzterem Falle kommen bisweilen fast regelmässig henkelartig in der Mitte sich verbindende Gebilde zur Entwickelung, Fig. 21. Durch Verästelung der Mycelfäden und durch oftmalige Wiederholung dieser Schnallenzellenbildung in kurzen Zwischenräumen an den neuen Aesten gewinnt das Gesammtbild noch mehr an Mannigfaltigkeit, Fig. 19. Vielmals jedoch wuchsen die ursprünglich zu Schnallenzellen bestimmten Anlagen in wirkliche Seitenzweige aus, während sie in andern Fällen zur Entstehung von Anastomosen Veranlassung gaben. Denn in so weit vorgeschrittenem Zustand des Myceliums sind Anastomosen durchaus nicht selten. Ich beobachtete, dass in jenen Fällen, wo zwei Mycelfäden gekreuzt übereinander lagen, an der Berührungsstelle entweder die jungen Schnallenzellenanlagen selbst sich nicht ihrem eigenen, sondern dem

[1]) l. c. [2]) l. c.

fremden Faden anlegten und mit ihm verwuchsen, Fig. 18, oder dass andere Ausstülpungen ebenfalls die Anastomose zweier fremder Fäden einleiteten, Fig. 17. Eine sonderbare Bildung habe ich in Fig. 15 aufgezeichnet, die wohl in der Weise entstanden ist, dass ein Mycelfaden sich unmittelbar an die bereits gebildete Schnallenzelle eines andern Fadens anlegte, worauf letztere drei neue Hervortreibungen gebildet hatte.

Alle diese Anastomosen und Schnallenzellenbildungen begünstigen sehr die strangartige Ausbildung des Myceliums und sie dürften wohl auch durch Plasmazufuhr eine Kräftigung einzelner Partieen herbeiführen, welche zur Entstehung einer Menge neuer Verästelungen die Veranlassung abgiebt. Man erkennt, wie manche Mycelenden oder Seitenäste in bizarrer Weise rechts und links theils sich ausbuchten, Fig. 13 und 17, theils unter Anschwellung kurze Hervorragungen erzeugen, Fig. 14. Dabei sind nicht selten gekrümmte oft dichotome Auswüchse aus den Mycelfäden zu bemerken, Fig. 16 und 22, welche bald von einzelnen, bald von mehreren neben einander verlaufenden Hyphen entstehen. Diese endständig oder im Verlauf der Hyphen zum Vorschein kommenden Auswüchse bilden neue und kurz bleibende Verzweigungen aus, sie verwirren und umschlingen sich dicht und knäuelartig und treten auch wohl über die Oberfläche der Flüssigkeit in die Luft hervor.

Soweit konnte ich die Mycelentwickelung aus den Sporen von *Cyathus striatus* auf dem Objectträger verfolgen, sie blieb trotz anscheinend bisher guten Gedeihens und trotz fortgesetzter Erneuerung der Nährlösung auf dem zuletzt geschilderten Zustand der Ausbildung. Auch nach wochenlanger Frist, wo die überhandnehmende Ansiede-



Zimmertemperatur, und nach etwa 8 Tagen überzog ein feinfädiges Mycelium den Mist, wobei man erkennen konnte, wie dasselbe von den Sporen aus seinen Ursprung nahm. Dieses Mycel verhielt sich durchaus wie das eben beschriebene, es zeigte ebenfalls sehr reichliche Schnallenzellen, nie aber zerfiel dasselbe in die oben geschilderten Gliederungen, auch sah ich keine Fruchtkörper an demselben hervorkommen.

Ebensowenig war dies der Fall, als ich im Oswitzer Wald bei Breslau an einem abgehauenen bemoosten Buchenstumpf im April gesammelte und unversehrt sammt ihrem Substrat nach Hause gebrachte *Cyathus striatus*-Becher in einem Glasgefäss unter Glocken bei gewöhnlicher und bei höherer Temperatur feucht erhielt. Hier aber zeigte sich eine andere, schon von Tulasne[1]) kurz hervorgehobene Erscheinung. Während nämlich das eigentliche in der modernden Humuserde befindliche *Cyathus*-Mycel kein Wachsthum erkennen liess, waren die am Innenrand der Becher befindlichen Zellen energisch fortbildungsfähig und schon nach wenigen Tagen strahlte von denselben allseitig ein neu entstandenes Hyphengewebe aus, dessen ältere Fäden anfangs vollkommen farblos waren, bald aber sich bräunten, ihre Membran beträchtlich verdickten und ihren Protoplasmavorrath auf Kosten der jüngsten Zweige verloren. Die so aus reifen Fruchtkörpern entstandenen Fäden besitzen ausserordentlich lange Zellen, sie verflechten sich bald zu dichten Hauptsträngen, von denen dünnere ausgehen, die selbst wieder in ein zartes, mehr kurzzelliges Fadengeflechte sich auflösen. Auch hier zeigte sich die Schnallenzellenbildung in ausgeprägtester Weise, fast an jeder Scheidewand erschienen sie, oft von geringerem Durchmesser als der Mutterfaden. Sehr häufig erreichten auch hier die ursprünglich zu Schnallenzellen bestimmten Auswüchse die Nachbarzellen nicht, sie wuchsen vielmehr vom Mutterfaden ab und in langgestreckte Hyphen aus, die wohl mitunter schmäler als der Mutterfaden waren, im Uebrigen aber den Wachsthumstypus desselben fortsetzten. Von den am Rande der Schale befindlichen Bechern kroch das Mycel längs der feuchten Glaswand selbst empor, ein zierlich verästeltes weisses Filzgewirre auf derselben darstellend. Dieses neugebildete Mycel wuchs und erhielt sich längere Zeit hindurch frisch, endlich aber verlor es seine Lebensthätigkeit, es trocknete aus und fiel in sich zusammen. Von den in den Bechern enthaltenen Sporangien gingen nur vereinzelte Hyphenbündel aus, die in ihrem Wachsthum ebenfalls bald stillstanden.

[1]) l. c. p. 49.

Entstehung der jungen Fruchtkörper. Als ich Anfangs Juni den nämlichen Buchenstamm wieder aufsuchte, von welchem ich im April die vorjährigen reifen Becher gesammelt hatte, zeigte derselbe ein vollständig verändertes Ansehen: auf seiner mit moderndem Holze, mit Moos und Dammerde besetzten Oberfläche standen nun neu gebildete *Cyathus*-Pilze in reichlichster Fülle und in allen Entwickelungsstadien. Die Dammerde war von den Mycelsträngen massenhaft durchzogen, letztere in verschiedenster Dicke und Verästelung; bereits in den nächsten Tagen, nachdem ich den Pilz sammt dicken Lagen seines Substrates und bei Gegenwart hinreichender Feuchtigkeit in Glasschalen eingesetzt hatte, war das Mycel an zahlreichen Stellen weiter gewachsen. Die Neubildungen befanden sich in Form zartwolliger weisser, bräunlicher bis rothbrauner, mehr oder minder ausgedehnter Hyphencomplexe, zum Theil in Polstern ausgebreitet, zum Theil dicht verflochten, an den Enden zerrissener Mycelstränge vielmals in divergirende Fäden ausstrahlend, sowohl zwischen dem lockeren Humus, als an der äusseren Oberfläche desselben. Aber auch die Neubildung von Fruchtkörpern hatte keine Unterbrechung erlitten: an vielen Stellen, oft dicht beieinander, zeigten sich zarte, ein zehntel bis ein Millimeter grosse Flöckchen, deren kleinste schneeweiss, die älteren mehr und mehr gelbbraun gefärbt waren und welche sämmtlich als junge Fruchtkörperanlagen in den verschiedensten Uebergängen sich erwiesen. Indem ich sowohl die älteren als die neugebildeten Mycelstränge in möglichst langen Partieen sammt ihren Verzweigungen isolirte und mit dem Mikroskop absuchte, konnte ich die Anlage der Fruchtkörper in ihren naheren Details beobachten

Soweit die Arbeiten früherer Forscher auf diesen Punkt Bezug nehmen, finden wir zunächst bei Schmitz[1]) folgende Bemerkungen: S. 162: „Ich entdeckte auf dem Mycelium weisse oder gelblich weisse flockige Pünktchen, die aus kurzen, convergirenden und sich kreuzenden Härchen bestanden und vielleicht als die primitiven Gebilde oder ersten Anfänge von partiellen Mycelien zu betrachten sind, woraus die Peridienkörner und die Peridien selbst hervorgehen." S. 146: „Auf einer der untersten Stufen, wo das Peridium an Grösse kaum ein Sandkorn übertrifft, ist es von kugelförmiger Gestalt und weisslicher oder weizengelber Farbe Im Innern befindet sich eine schwammige, dem Hollundermark ähnliche Substanz ohne heterogene Theile, welche sich allmählich nach aussen in eine dunklere, zottige Schicht verliert."

---

[1]) l. c.

Tulasne[1]) erwähnt, dass die jungen Individuen zumeist auf dem neugebildeten zarten Mycel entstünden, welches aber dann rasch an Dicke zunehme unter gleichzeitiger Braunfärbung der anfangs weissen cylindrischen oder kugligen Auswüchse, die unter Schuppigwerden ihrer Aussenseite sich mehr und mehr zu neuen Fruchtkörpern differenziren.

Diese Angaben der älteren Beobachter konnte ich im Verlauf meiner Untersuchungen durchaus bestätigen. Von neueren Forschern sind Sachs und Brefeld anzuführen. Auf die Arbeit von Sachs[2]) werde ich bei Schilderung der Fruchtkörperentstehung von *Crucibulum* Bezug nehmen; Brefeld[3]) macht in seinem Aufsatz: „Die Entwickelungsgeschichte der *Basidiomyceten*" unter Absatz 6 folgende Bemerkung: „Bei den *Nidularieen* und *Phalloideen* entstehen die Fruchtkörper an den Spitzen der Stränge durch reichliche Verzweigung der Hyphen." Auf die *Nidularieen* kann dieser Satz jedoch nur zum Theil Anwendung finden, denn ich habe die Fruchtkörper von *Cyathus* und besonders häufig von *Crucibulum* ebensogut im Verlauf wie an den Enden der Mycelstränge entstehen sehen, obwohl für *Cyathus* die endständige Stellung am häufigsten vorzukommen pflegt. Durch vorsichtige Anwendung von Nadeln und Pincette sowie unter Zuhilfenahme der Loupe gelang es, die neuentstandenen Mycelstränge, welche nur lose dem Substrat aufsassen, fast rein und unversehrt von demselben abzunehmen, worauf sich unter dem Präparirmikroskop auch die letzten störenden Reste von Erdstückchen entfernen liessen. Diese Mycelstränge bestehen aus langgestreckten Hyphen mit zahlreichen Schnallenzellen und Astbildungen, die äusseren sind mehr hell- bis dunkelbraun, mit stark verdickter Membran, oft hin und her gewunden und stellenweise erweitert, im Innern vielfach mit glänzenden kleinen Körnchen versehen, an den Enden fortwachsend und farblos werdend. Der innere Kern der Stränge aber besteht aus zarteren, meist farblosen, reich Plasma führenden Hyphen, gewöhnlich von etwas geringerem Durchmesser als die äusseren; sie sind ebenfalls reich verästelt und dicht zopfartig verschlungen und ineinander gewirrt. Hie und da sind Anastomosen erkennbar.

An ihren Endigungen verästeln und dichotomiren sich diese Mycelstränge, ihre Ausläufer gehen mehr und mehr in farbloses Hyphengewebe über und letzteres ist es, dessen einzelne Fäden in ungemein variirenden Formen sich hin und her biegen, kurz bleiben, sich umschlingen und eine Menge neuer meist gekräuselter Seitenzweige

---

[1]) l. c. p. 43. [2]) l. c. [3]) Botanische Zeitung 1876 No. 4.

hervortreiben. Auch diese verästeln sich aufs Neue und behalten bald ihre den übrigen ähnliche Normalgestalt, bald verjüngen sich ihre Enden, bald spalten sie sich in gabelartige kurze Zweige und Ausstülpungen, bald schwellen sie in ihrem Verlauf oder endständig an und erhalten löffel- oder kolbenförmige Gestalten. Sämmtliche Hyphen sind plasmastrotzend, kurzzellig, fast an jeder Scheidewand mit Schnallen versehen, sie besitzen eine sehr zarte Membran, die ich einigemal mit Krystallen incrustirt fand. Letztere geben sich in Folge ihrer Unlöslichkeit in Essigsäure und Löslichkeit ohne Aufbrausen in Salzsäure als aus oxalsaurem Kalk bestehend zu erkennen; ähnliche Krystallablagerungen habe ich auf den in Nährlösungen cultivirten Mycelien beobachtet, besonders an Fäden, welche in die Luft hineinragten.

Durch die erwähnten Verästelungen der Hyphen und durch die Verwirrung derselben kommen bald dicht verflochtene Knäuel zu Stande, deren allerdings sehr kümmerliche und unvollkommene Zustände ich, wie oben erwähnt, bei Cultur der Mycelien aus Sporen in Nährlösungen erhalten hatte. Hier, wo alle natürlichen Bedingungen ihres guten Gedeihens vorhanden waren, zeigten sie sich äusserst kraftig und vollkommen entwickelt. Sowie die knauel- oder knotenartige Verflechtung gebildet ist, wächst dieselbe ausserordentlich rasch heran, ihre Zellen vermehren sich in rapider Weise, so dass es schwierig wird, dem weiteren Verhalten derselben zu folgen. Doch ist zu erkennen, dass das Knäuel in sich selbst fortbildungsfähig ist, dass durch Auswachsen der bereits bestehenden Elemente sowie durch Einschiebung neuer Aeste zunächst das von Schmitz erwähnte schneeweisse Pünktchen zur Ausbildung gelangt, welches anfangs so klein ist, dass es nur mit der Loupe bemerkt werden kann, sehr bald aber sein Volumen vergrössert.

Diese Pünktchen sind also rundliche oder ovale, auch hie und da etwas plattgedrückte Hyphenvereinigungen, welche mit den ihnen als Ausgangspunkt dienenden Muttersträngen zwar in Verbindung stehen, sich aber bereits durchaus selbstständig individualisirt haben; sie sind mit einem Worte die primitiven Anfänge der merkwürdigen *Cyathus*-Becher.

Wenn diese Gebilde am Ende der Mycelstränge entstehen, so sieht man sie theils vereinzelt, theils büschel- oder besenförmig oft dicht beieinander, zur Ausbildung kommen; der in kürzere oder längere Seitenstränge sich verzweigende Hauptmycelstrang trägt in letzterem Falle fast an jedem auch noch so kurzen Ast einen jungen Fruchtkörper, so dass das Ganze, zumal wenn dieselben etwas grösser

werden, ein traubenartiges Ansehen gewinnt. Entstehen die jungen Fruchtkörper aber auf Mycelflöckchen, welche an die Oberfläche des Nährbodens herausgewachsen und daselbst ausgebreitet sind, so erkennt man, wie die Verflechtung der Hyphen zu dem Knötchen von dem Centrum eines eng verschlungenen, ebenfalls überaus reich Schnallenzellen tragenden und auf's vielfachste verzweigten Fadenconglomerats aus stattfindet. In dem Verlauf der Mycelstränge endlich wird diese Bildung derartig eingeleitet, dass die zur Vereinigung bestimmten jungen Hyphenelemente im Innern der Stränge sich ansammeln, dieselben wulstig auftreiben und bald den älteren Theil der umgebenden braunen Hyphenschicht durchbrechen; sie breiten sich dann auf derselben aus oder constituiren sich wohl auch mehr seitlich, auf einen Blatt- oder Stengelrest gestützt. Direct auf dem Mycelstrang festsitzend, befinden sie sich alsdann unmittelbar auf der meist deutlich sichtbaren Anschwellung, welche von den ihre Entstehung durch Verzweigung einleitenden ersten Hyphen hervorgebracht wurde, und welche letztere selbst im weiteren Verlauf zu dem kräftig entwickelten Fadengeflecht des Pilzes heranwachsen.

Die blendendweisse Farbe aber, welche das junge Fruchtkörperflöckchen auszeichnet, rührt von einem beträchtlichen Luftvorrath her, welcher zwischen den Interstitien der Hyphen sich befindet und die Benetzung derselben unmöglich macht. Es ist dies ein Umstand, welcher der Untersuchung als bedeutendes Hinderniss sich in den Weg stellt, und um die bisher geschilderten Vorgänge auszumitteln, war es vor Allem nothwendig, die eingeschlossene Luft zu entfernen. Als bestes Mittel hierzu diente mir absoluter Alkohol, nach dessen Einwirkung ein Zusatz von Ammoniak erfolgte, welcher das Wiederaufquellen und das ursprüngliche Ansehen der Hyphen herbeiführte. Erst nach dieser Behandlung war das Präparat in allen Theilen erkennbar und die Knäuel erwiesen sich als durchweg aus ganz gleichartigen dicht verflochtenen, nur mit den schon oben erwähnten Formverschiedenheiten in den Dimensionen ausgestatteten und unmittelbar den Mycelzellen entspringenden Hyphen zusammengesetzt. Von irgend welchen Zellencomplexen, welche sich etwa durch besondere Grösse und abweichenden Bau auszeichneten und als weibliche Organe — Carpogonien — gelten könnten, ist keine Spur zu bemerken. Wir haben es in der That, wie Brefeld[1]) sagt, mit einer reichlichen Verzweigung von morphologisch und physiologisch gleichartigen Hyphen zu thun.

---

[1]) l. c. Absatz 19.

obald einmal die junge Fruchtkörperanlage besteht, wächst die- in überaus energischer Weise heran und zwar von der Basal- Mittelregion aus; die Randhyphen divergiren bei vielen der ten nach allen Richtungen, und während die Basis sehr bald bräunt, bleibt die obere Partie am längsten farblos oder gelb- gefärbt. Uebrigens bildeten sich von den in meiner Cultur lenen Fruchtkörperanlagen durchaus nicht alle weiter aus: lerselben blieb vielmehr rudimentär, während ein anderer bis m Reife im Wachsthum vorschritt und dabei in auffallen- se dem Lichte sich zuwendete. Wenn die Pilze an unterhalb erfläche des lockeren Nährbodens verlaufenden Mycelsträngen len sind, kommen sie bei ihrer weiteren Entwickelung mit n Hälfte als bereits feste hellgelbe Knöllchen hervor. 's der Basaltheil, woselbst die Nahrungsaufnahme geschehen d mit vorschreitender Ausbildung sehr verdickt, er wird kel und an den reiferen Exemplaren bildet er eine dichte m-artige Masse, welche nach oben unmittelbar in das eridienhüllen übergeht.

jugendlichen Fruchtkörper sind überaus zart; äuel vorsichtig unter dem Deckglas zerdrückt, er- le Randhyphen nicht besonderen Ursprungs, sondern ifer der centralen Fäden sind.

fortschreitendem Wachsthum aber differenziren sich die Hyphen der Randpartieen mehr und mehr von dem mittleren Theil, sie fär- ben sich zuerst gelblich, dann braun, ihre einzelnen Zellen werden zu langen, oft torulös aufgeschwollenen Schläuchen, dichotomiren sich wohl auch, sie enden rundlich oder zugespitzt, haben verdickte Wände, sind inhaltsleer und schliessen das centrale Gewebe von der Aussenseite ab, wie ein schützender zottiger Mantel dasselbe beklei- dend. Dadurch aber werden die innerhalb der Fruchtanlage befind- lichen Hyphen noch viel empfindlicher gegen äussere Einflüsse, so dass sie schon unter Wasser wie corrodirt aussehen, auch wohl gänzlich zerfliessen.

Der junge Pilz vergrössert sich von Tag zu Tag, besonders wenn seinem Gedeihen, wie in meinen Culturen, fortdauernd günstige Feuch- tigkeitsverhältnisse zu Gebote stehen, und bald beginnt in seiner Innenmasse der sonderbare Verschleimungsprocess, welcher die Tren- nung in seine verschiedenen Gewebeschichten zur Folge hat. Ich konnte bequem sowohl die unter der Glasglocke fort und fort sich vollziehende Entstehung neuer Fruchtkörper verfolgen, als auch die Ausbildung der bereits vorhandenen bis zur völligen Reife beobachten,

welche letztere nach etwas mehr als vier Wochen stattgefunden hatte. Es ist jedoch unnöthig, näher die während des weiteren Wachsthums der Fruchtkörper erfolgenden Veränderungen zu besprechen, da die Arbeiten von Schmitz[1]) und Tulasne[2]) unmittelbar sich hier anschliessen.

Crucibulum vulgare Tul.

Ich benützte zu meinen während der vergangenen Wintermonate ausgeführten Sporenaussaaten Pilze, welche im Herbst 1875 an verschiedenen Orten zur Reife gelangt waren.

Sporenkeimung. Die Sporen von *Crucibulum vulgare* sind länglich oval, 8 Mikr. lang, 4 Mikr. breit, an einem Ende gewöhnlich etwas spitzer, mit glattem Episporium, Fig. 23a; das Endospor ist an den ungekeimten kaum zu unterscheiden; sie sind farblos, mit feinkörnigem Protoplasma angefüllt. Vor der Keimung schwellen sie sehr bedeutend, fast um das Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse an, ihre Membran wird nach allen Seiten hin ausgedehnt, ihr Inhalt lichtbrechend, dann körnig, sie erhalten meist vollständige Kugelgestalt, Fig. 23b—26.

Die Spore verlängert sich nun an einem Ende oder an beiden, bisweilen an drei Stellen zugleich, in einen dicken, reich mit Protoplasma erfüllten, gewöhnlich nicht mit parallelen, sondern mit hin- und hergebogenen Wänden versehenen Keimschlauch, Fig. 24 und 25; sehr häufig spaltet sich derselbe sofort nach seinem Austritt in zwei Aeste, die meist in völlig entgegengesetzter Richtung abgehen. Manchmal hat die Spore einseitig bereits einen langen Keimschlauch getrieben, worauf an der anderen Seite eine dünne, fingerförmige Ausstülpung zum Vorschein kommt, die später ebenfalls weiterwächst. So geschieht es, dass an dem einen Ende ein dickerer Keimschlauch sich zeigt, als am andern, Fig. 26, und ersterer kann fast die Dicke der Spore erreichen, zumal wenn diese auch nach dem Anschwellen noch annähernd ovale Gestalt beibehalten hat. Es ist also der Keimungsanfang bei *Crucibulum* abweichend von demjenigen bei *Cyathus:* während dort die Spore fast immer ihre ovale Gestalt beibehält, rundet sich dieselbe hier ab und die der *Crucibulum*-Spore entspringenden Fäden sind nicht überall von gleichem, sondern von sehr verschiedenem Durchmesser. Auch das weitere Verhalten ist dementsprechend verschieden.

Verhalten des Myceliums auf künstlichem und natürlichem Nähr-

---

[1]) l. c. [2]) l. c.

boden. Der Keimschlauch verzweigt sich sehr bald, die Aeste biegen sich hin und her, sie geben neuen den Ursprung und das so entstehende Mycel ist von etwas geringerem Durchmesser als der ursprüngliche Keimschlauch; es enthält dichtes und feinkörniges Protoplasma, die Scheidewände sind nur bei scharfer Einstellung deutlich zu sehen. In den Culturtropfen keimen auch bei diesem Pilz die ausgesäten Sporen sehr ungleichmässig: eine Anzahl derselben bleibt ohne Veränderung auf dem Boden des Objectträgers liegen, während die gekeimten auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmen und rasch weiterwachsen. In den sich entwickelnden Mycelhyphen erscheinen mehr und mehr Vacuolen; von den Hauptästen gehen oft dicht hintereinander Verzweigungen ab, welche sich an der Spitze gabeln und unter Verlängerung neue Auswüchse bilden; sie verleihen so dem Faden ein sehr sonderbares geweihartiges Aussehen, Fig. 26. Manche der Seitenäste sind bischofstabartig umgebogen und viele derselben treten im Verlauf der Cultur aus dem Tropfen heraus, auf demselben einen dünnfädigen weissen Filz darstellend. Diese in der Luft befindlichen Hyphen verzweigen sich, sie bekommen wohl auch mit zunehmendem Alter hinter einander zahlreiche Gliederungen.

Niemals bemerkt man jedoch am *Crucibulum*-Mycel jenes Zerfallen in Theilzellen, welches bei dem in Nährlösungen cultivirten Mycel von *Cyathus striatus* so auffallend hervortritt. In weiterem Wachsthum aber gleichen sich die anfänglichen Unterschiede am Mycel beider Pilze in mancher Hinsicht aus: auch bei *Crucibulum* erscheinen bald Schnallenzellen in ebenso reichlicher und verschieden sich gestaltender Weise wie bei *Cyathus;* auch das *Crucibulum*-Mycel lässt Anastomosen erkennen und gestaltet sich zu strangartigen Vereinigungen. Zur Darstellung dieser Verhältnisse können daher die auf unserer Tafel für *Cyathus striatus* gegebenen Zeichnungen, Fig. 18—21, ebenfalls dienen. Dabei vermehren sich die dem *Crucibulum*-Mycel eigenthümlichen geweih- oder arabeskenartigen Ausstülpungen, doch bleiben dieselben an den Mycelien noch ziemlich einfach, während sie die grösste Mannigfaltigkeit der Gestaltung in den Fruchtkörpern erlangen.

Trotzdem ich die herangezogenen Mycelien so viel wie möglich frisch zu erhalten suchte, trotzdem sie auch durch reichliche Verästelung sich ansehnlich vergrösserten, so gingen sie doch schliesslich zu Grunde, ohne dass Fruchtkörper auf ihnen zur Ausbildung gelangten. Wohl aber waren auch hier wie bei *Cyathus* Verflechtungen einzelner kurzer Seitenäste erkennbar.

Ich fand in der Nähe von Breslau reife Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare* auf dem Stamm anscheinend kräftiger Weiden am Oderstrand in der Höhe von ein Meter über dem Boden, deren Entwicklung an solch ungewöhnlichem Standort jedenfalls auf während Ueberschwemmungen abgelagerte Sporangien zurückgeführt werden muss. Die Rinde, in deren Spalten der Pilz festsass, trennte ich in grösseren Stücken von den Bäumen; ich durchtränkte dieselbe mit Wasser und hielt sie fortdauernd feucht unter Glasglocken. Schon nach ein bis zwei Tagen kamen an den verschiedensten Stellen farblose zarte Mycelfäden hervor, die sich überaus reich verzweigten und über die ganze Oberfläche der Rinde hinwuchsen.

Diese Hyphen zeigten alle Eigenschaften der auf dem Objectträger erzogenen: sie waren äusserst reichlich mit Schnallenzellen versehen, anastomosirten hier und da und entwickelten die oben erwähnten baum- oder geweihartig verzweigten End- und Seitentriebe. Ihre Zellen verlängerten sich unter Verlust des Protoplasmas und bedeutender Verdickung der Zellmembran ausserordentlich, sie associirten sich sehr bald an ihrem Ausgangspunkt zu dichten Strängen, welche schnell eine intensiv gelbe Färbung annahmen. Je weiter von der Austrittstelle entfernt, desto mehr waren die Hyphen farblos, kurzzelliger und unter vielfacher Verzweigung strahlig über die Rindenoberfläche ausgebreitet. Schon Sachs[1]) erwähnt, dass das Mycel von *Crucibulum* aus zweierlei Hyphenformen bestehe, die aber durchaus auf den nämlichen Ursprung zurückgeleitet werden müssen. Derselbe Faden, welcher am untern Ende gelb und langzellig ist, verästelt sich am obern und wird farblos, entwickelt wohl auch hie und da farblose Seitenzweige; ein Verhalten, wie wir es auch beim *Cyathus*-Mycel angetroffen haben. Auf Durchschnitten durch die frisch vom Baume genommene und völlig ausgetrocknete Rinde konnte ich in dem Zellengewebe derselben nur die gelben stark verdickten Mycelfäden des *Crucibulum* erkennen; sie sind in grosser Menge vorhanden und stellen ein resistentes, perennirendes, anscheinend abgestorbenes Mycel dar, dessen Zellen, sobald ihnen hinreichende Wasserzufuhr gesichert ist, sich aufs Neue beleben und an den Enden und seitlich junge und zarte Mycelfäden hervorbringen, die mit zunehmendem Alter wiederum in den Dauerzustand übergehen. Ganz die nämlichen Eigenschaften sind auch an dem *Cyathus*mycel zu bemerken.

Keimung der Sporen innerhalb der Sporangien. Aber nicht blos

[1]) l. c. p. 838.

das in der Rinde bereits vorhandene Mycel entwickelte sich in meinen Culturen, sondern ich sah während des Monats Mai auch direct Sporangien auskeimen, welche zahlreich isolirt der Rinde aufgeklebt waren. Die äussere Umhüllung und das ganze Innengewebe derselben erweichten vollständig unter dem Einfluss der Feuchtigkeit, die Sporen begannen in Masse zu keimen und nach etwa 14 Tagen hatten sich an vielen Sporangien theils basal, theils von ihrer Oberfläche aus dichte Mycelstränge gebildet, deren Enden in farbloses, zierlich verästeltes Hyphengewebe übergingen. Beim Zertheilen der Sporangien in Wasser konnte ich viele keimende Sporen erkennen mit der nämlichen Entwicklung wie auf den Objectträgerculturen, die also hier beim Weiterwachsen direct die Sporangialgewebe durchbohrt hatten, um ins Freie herauszukommen, Fig. 27.

Entstehung der jungen Fruchtkörper. Ausser der ungemein kräftigen Neubildung des Myceliums kamen nun aber auch auf der Rinde eine grosse Menge von neuen Fruchtkörpern, oft dicht gedrängt neben einander, zum Vorschein, so dass ich Gelegenheit hatte, die Entstehung derselben von den allerjüngsten Zuständen an durch alle Entwicklungsstufen hindurch kennen zu lernen.

Sachs[1]) hat in seiner mustergültigen Arbeit ebenfalls diesen Gegenstand berücksichtigt, er erwähnt, „dass sich die Entstehung des Pilzes im Mycelium durch das Erscheinen eines gelben Knötchens ankündige, welches im Centrum eines aus dicht verschlungenen Mycelfäden gebildeten weissen Flöckchens auftrete. Durch Vermehrung der Fadenäste und durch dichteres Verschlingen derselben individualisire sich das centrale Fadenconvolut des Flöckchens zu dem Knötchen, schliesse sich von aussen ab und werde selbstständiger in dem Maasse als es dichter und grösser werde."

Durch diesen Ausspruch hat Sachs eigentlich bereits im Jahre 1855 die Frage nach den Vorgängen bei der Fruchtkörperentstehung beantwortet und auch durch Abbildungen erläutert. Sachs macht ferner nähere Angaben über den Bau der Hyphenelemente an den jungen Fruchtanlagen, welche ich durchaus bestätigen muss, so dass mir nur übrig bleibt, besondere Einzelheiten ins Auge zu fassen.

Die Fruchtkörper entstehen nicht allein an den Enden der Mycelstränge, sondern auch im Verlaufe derselben und öfters beobachtete ich ihre Entwicklung auf den oberflächlichen zuerst intensiv und rein gelb, später schmutziggelb gefärbten Mycelsträngen, welche unter der Glocke auf der ausgelegten Weidenrinde sich gebildet hatten.

[1]) l. c. p. 837

So bewahre ich das Präparat von einem Mycelstrang, aus dessen centralen Hyphenelementen hinter einander drei Fruchtanlagen hervorgekommen waren. In diesem Falle und auch sonst häufig fehlte das strahlige Hyphenflöckchen gänzlich, welches Sachs als die Fruchtkörperchen umgebend beschrieben hat. Es entstanden sogar in meinen Culturen mehrere Fruchtanlagen auf dem Becherrande eines völlig durchweichten alten und längst ausgereiften Pilzes in Folge stattgefundener Neubelebung von Hyphenelementen, deren Zweige sich zu einem jugendlichen Pilze agglomerirt hatten. So wird auch von Schmitz[1]) und Tulasne[2]) angegeben, wie sie bei *Cyathus* und bei *Crucibulum* im Schoosse älterer Becher einen neuen in den alten eingeschachtelten beobachtet hätten, der allerdings auch aus keimenden Sporen entstanden sein konnte. Die dem alten proliferirenden Mutterpilz aufsitzenden Tochteranlagen erreichten übrigens in meinem Versuch nur einen halben bis einen Millimeter im Durchmesser und es dürften solche Fälle der Entstehung überhaupt zu den Ausnahmserscheinungen gehören. Sie beweisen aber auf's Neue, dass die älteren vorher lange ausgetrockneten Fäden der *Nidularieen* dennoch nicht abgestorben sind, sondern beim Nasswerden ihre Lebensthätigkeit unter Umständen energisch wieder aufnehmen können. Die Regenerationsfähigkeit konnte ich bei *Crucibulum* in noch anderer Weise beobachten. Als ich nämlich durch Zufall mit der Nadel einen schon weiter vorgeschrittenen kleinen Fruchtkörper zerstört und in mehrere Stücke getrennt hatte, bemerkte ich Tags darauf, wie der grösste Theil dieses Fruchtkörpers zwar abgestorben war, wie sich aber aus dem Centrum der zerstörten Anlage ein neuer Pilz zu entwickeln begann. Ich zertheilte nun in der Folge mehrere andere bereits bestehende jugendliche Fruchtanlagen und hatte so Gelegenheit, diese merkwürdige Erscheinung wiederholt eintreten zu sehen.

Die zuletzt erwähnten Vorgänge reihen sich wohl den auffallenden Entdeckungen van Tieghem's[3]) und Brefeld's[4]) an, welche fanden, dass reife Früchte von *Agaricus*-Arten oder von Sclerotien derselben, sobald sie in Stücke zerschnitten und feucht erhalten wurden, aus den oberflächlichen Zellen eines jeden solchen Theilstückes durch Verästelung der Hyphen neue Fruchtanlagen hervorbringen können. Brefeld wischte die an Sclerotien entstandenen Fruchtkörperanlagen täglich ab und täglich entstanden dann neue,

---

[1]) l. c. [2]) l. c. p. 49 Taf. 6.
[3]) Botan. Zeitung 1876 No. 11. [4]) l. c. sub Absatz 13.

so dass also nach ihm jede beliebige Zelle eines Sclerotiums zur Bildung des Fruchtkörpers auf rein vegetativem Wege befähigt ist.

Die Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare,* welche ich beobachtete, kamen im Ganzen seltener an den freiliegenden Mycelsträngen zur Entwicklung, sie entstanden vielmehr der Regel nach aus feinen Hyphengeflechten, welche direct aus der Rinde hervorkamen. Sie sassen entweder diesem oberflächlich ausgebreiteten Mycelgespinnste oder in anderen Fällen auch scheinbar frei unvermittelt und ohne erkennbares Mycel dem Substrat auf. Es kann natürlich keinem Zweifel unterliegen, dass sie auch in letzterem Falle, wo sie häufig zu mehreren dicht nebeneinander sich gruppirten, durch wiedererwachtes Wachsthum von Hyphen ausgegangen waren, welche in der unteren Schicht der Weidenrinde sich befanden und neue verästelte Zweige an die Oberfläche gesendet hatten. Mit Vorliebe siedelten sie sich auf Querschnitten der feuchten Rinde an.

Die allererste Entstehung der Fruchthäufchen kündigt sich durch zarte, neben einander aus einer Anzahl von Mycelhyphen entspringende farblose Zweige an, welche dicht mit Protoplasma erfüllt sind und alsbald eine überaus reichliche Verästelung beginnen, Fig. 28 und 29. Durch Ineinanderflechten, durch fortgesetztes Neueinschieben zunächst kurz bleibender Seitenzweige und dadurch bewirkte Volumenzunahme entsteht sehr bald ein aus eng verschlungenen Fäden zusammengesetztes zartes Knäuel, welches sich immer mehr verdichtet und dann als schneeweisses, kaum sichtbares Pünktchen hervortritt. Dasselbe ist durchweg aus den erwähnten, aufs reichlichste verästelten, aber völlig gleichartigen Hyphen zusammengesetzt. Es sind an letzteren besonders viele Schnallenzellen, mitunter auch Anastomosen zu beobachten.

Die Hyphen sondern sich aber alsbald nach der ersten Gruppirung des Knäuels, und zwar in der Weise, dass es, wie Sachs bemerkt, erkennbar bleibt, wie sie nicht verschiedenen Ursprungs sind, sondern nur „die Associationen der homologen Zweige derselben polymorphen Fäden darstellen."

Es constituirt sich in dem entstandenen Knötchen ein centrales Markgewebe — Primordialmark (Sachs) — und eine Rindenschicht, welche die ganze Anlage überzieht. Beide Schichten aber sind, wie eben angegeben wurde und wie dies auch bei *Cyathus* der Fall ist, von denselben Fäden entstanden, deren Zweige theils nach der Peripherie zuwachsend sich zu einem Bestandtheil der Rinde umgestalten, theils dem Centraltheil sich einschieben und das Markgewebe bilden helfen.

In diesem bereits mehr vorgeschrittenen Zustande ist die junge Fruchtkörperanlage von rundlicher, öfters abgeflachter Gestalt, über ihre ganze Oberfläche hin ziehen sich die gleich näher zu beschreibenden Rindenhyphen, und in Folge der Metamorphose letzterer erhält das anfangs als rein weisses Knötchen erschienene Hyphenknäuel sehr bald eine hellgelbe, zuletzt ganz dunkel- oder orangegelbe Färbung.

Was zunächst die Verzweigung der Hyphen des Rindengewebes betrifft, so geschieht dieselbe entweder durch wirkliche Astbildung oder durch dichotome Gabelung, welch' letztere sich oftmals wiederholt, wobei die neuentwickelten Ausstülpungen in den verschiedensten Winkeln stehen, aber ganz kurz bleiben, von verschiedener Länge sind und insgesammt in Form von Zuspitzungen, hie und da auch von ebenfalls mit Spitzen versehenen sonderbaren Erweiterungen, endigen. In Folge dessen entstehen eigenthümliche Hyphenformen, mit einer grossen Anzahl zackiger Fortsätze versehen und letztere in so mannigfacher Anordnung, dass sich ein bestimmtes Verhältniss dafür nicht feststellen lässt. Diese auffallenden Zweige sind für die Fruchtkörper von *Crucibulum* sehr charakteristisch, sie sind weit vielgestaltiger als die Rindenhyphen bei *Cyathus*, sie sind von Sachs[1]) und Tulasne[2]) ebenfalls beschrieben und abgebildet worden und ersterer hat sie ihrer Form nach mit gothischen Arabesken verglichen. Sehr bald verdicken sich die Membranen dieser Gebilde unter Verlust ihres Protoplasmas, und gleichzeitig damit färben sie sich zuerst blass gelblich, zuletzt braungelb. Dann stellen sie in ihrer Gesammtheit dunkelgelbe bis orangefarbene Ansammlungen dar, welche in diesem bereits älteren Zustand ihre ursprüngliche Zartheit vollständig verloren haben. Sie überkleiden allseitig die Fruchtanlage, in welcher ein reges Leben beginnt, denn der eigentliche Kern des jungen Pilzes, das Markgewebe, gewinnt durch Auswachsen der schon vorhandenen und durch fortgesetztes Sprossen neuer, farbloser Hyphen an Volumen; es wächst unter seiner mit Spitzen und Zacken aufs Reichlichste ausgestatteten Schutzdecke wohl geborgen kräftig weiter.

In einigen Fällen jedoch, wo das Substrat anfangs feucht, dann aber zu trocken gehalten worden war, sah ich das Markgewebe sich gar nicht entwickeln, blos die aus ursprünglich farblosen und zarten Fäden entstandene gelbe, flach ausgebreitete und erhärtete Arabeskendecke war vorhanden, welche lange Zeit hindurch in dem

---

[1]) l. c. Taf. 13 Fig. 2, 3, 9, 11. [2]) l. c. planche 8, fig. 13.

nämlichen Zustand verharrte; bei Zutritt grösserer Mengen von Feuchtigkeit aber begann auch hier durch Neubelebung der unter dieser Decke liegenden Hyphen das Markgewebe und damit ein normaler Fruchtkörper sich zu erzeugen.

Das Primordialmark der ersten Fruchtanlage ist aus reich plasmaführenden Hyphenverzweigungen zusammengesetzt, welche letztere in gleich hohem Grade wie die Rindenhyphen durch Mannigfaltigkeit der Formen sich auszeichnen, Fig. 30. Die Markhyphen aber sind überaus zart und empfindlich gegen äussere Einflüsse, schon im Wasser gerinnt ihr Protoplasma, wobei sie zum Theil gänzlich zerfliessen. Um nähere Einsicht in die mit Luft erfüllten jungen Hyphenknäuel zu gewinnen, benützte ich daher wie bei *Cyathus* Alkohol und Ammoniak, und es liess sich alsdann die morphologische Beschaffenheit der Fäden mit ihren ungemein zahlreichen, oft äusserst dünnen, wie fingerförmigen Ausstülpungen erkennen, Fig. 30, welche letzteren im weiteren Verlaufe zu neuen grösseren Zweigen auswachsen.

Während so das Markgeflecht aufs üppigste sich vervielfältigt, ist dies mit den gelben Hyphenelementen der Rinde durchaus nicht der Fall. Diese werden vielmehr mit der Vergrösserung des Pilzes, welche ihren Heerd zumal an der Basis hat, mehr und mehr in die Höhe gehoben, so dass sie demselben, der dann im unteren Theil weiss und von geradfädigen radialen Hyphen bekleidet ist, als gelbe Kappe aufsitzen; noch später schliessen sie, gemeinsam mit der unter ihnen liegenden Peridienschicht, den Innenraum der reifenden Becher in Gestalt eines dünnen vergänglichen Häutchens deckelartig von aussen ab. In diesem Verhalten der Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare* zeigt sich also ein bedeutender Unterschied von demjenigen bei *Cyathus striatus*, denn letzterer bleibt während seines ganzen Wachsthums von den sich später zu einem dicht zottigen Ueberzug gestaltenden peripherischen Hyphen allseitig umschlossen; nur bei der Reife tritt in Folge der ausserordentlichen Volumenzunahme des Pilzes diese Rindenschicht am Scheitel auseinander und unter ihr erscheint das schneeweisse und dünne Diaphragma über den ganzen Becherrand hin ausgespannt.

In meinen Culturen blieben zwar viele Fruchtkörper des *Crucibulum* klein, andere aber wuchsen wie in der Natur in normaler Weise heran, ja in Folge der unausgesetzt gegenwärtigen Feuchtigkeit noch weit günstiger und schneller; in dem soeben angegebenen Zustand glichen sie fast kleinen noch unvollkommenen Hutpilzen, gingen aber später in vollständige Cylindergestalt über. Einen der-

artigen Fruchtkörper liess ich völlig ausreifen, wozu er etwa vier Wochen gebrauchte.

So konnten an diesen cultivirten *Crucibulum*-Pilzen alle jene complicirten Gewebsveränderungen beobachtet werden, welche von der ersten Gestaltung an bis zu dem Oeffnen der reifen Becher sich geltend machen und welche für die weiter vorgeschrittenen Zustände von Sachs und Tulasne in erschöpfender Weise beschrieben worden sind.

Schlussbemerkungen. Wenn wir nun die geschilderte Entwickelungsweise der *Nidularieen* übersehen, so stellt sich dieselbe in sehr einfachem Lichte dar: diese Pilze besitzen als Fruchtform allein nur die längst bekannten Becher, es schaltet sich unter natürlichen Verhältnissen weder ein Conidienzustand, wie bei so vielen *Asco-* und *Basidiomyceten*, noch sonst eine andere ausgesprochene Vermehrungsart in ihren Lebensgang. Denn die bei *Cyathus* erwähnten Zerfallzellen sind nach Allem abnorme Erscheinungen, die in der Natur für gewöhnlich nicht auftreten, die aber, wo sie sich bilden, vermöge ihrer Keimungsfähigkeit das Mycel auch nach Einwirkung ungünstiger Verhältnisse erhalten. Das Mycel der *Nidularieen* ist überhaupt, wie letztere Eigenschaft ergeben hat und wie es durch seine perennirenden, bei vorhandener Feuchtigkeit aufs Neue sich belebenden Zustände weiter bewiesen wird, zum Ersatz fehlender Propagationsformen um so mehr mit der Fähigkeit, schädlichen Einflüssen gegenüber Widerstand zu leisten, ausgestattet. In zwei Modificationen haben wir es kennen gelernt: als zartes, farbloses, plasmareiches Hyphengewebe und in Gestalt derber, inhaltsleerer, verdickter und gefärbter Schläuche, in flockigen Ansammlungen oder zu dichten Strängen vereinigt und mit zäher Resistenzfähigkeit, in dieser Beziehung den Sclerotien anderer Pilze vergleichbar. Das zarte Mycel aber geht sowohl aus der Spore, wie aus dem Dauermycel hervor, es verwandelt sich wieder in letzteres oder es ist bei günstigen Bedingungen der Ausgangspunkt für die jungen Fruchtanlagen.

Diese letzteren selbst in ihren ersten Zuständen sind nichts weiter als innige Verflechtungen neu erstandener, einer überaus reichen Verästelung fähiger Hyphenfäden, welche durch Ineinanderwachsen ein zunächst homogenes Flöckchen hervorbringen. Erst später erleidet dasselbe eine Differenzirung seiner ursprünglich gleichartigen Bestandtheile und es ist das Erzeugniss nur weniger Hyphen des Myceliums. Darum lassen sich zumal bei *Crucibulum* die Knäuel meist sehr leicht von ihrem Substrat abnehmen.

Von dem Vorhandensein blasenartiger, spiraliger oder sonst auffallend gestalteter Gebilde, welche den Knäueln vorhergingen und nach Einleitung eines Befruchtungsvorganges Erzeuger derselben wären, ist auch keine Spur zu bemerken; es kann also von einem Befruchtungsprocess in der uns geläufigen Weise überhaupt nicht die Rede sein. So oft und so viele der Anlagen von den ersten bis zu den folgenden Zuständen ich auch untersuchte, immer wieder bekam ich dasselbe Bild einer durch Sprossung gleichartiger Hyphen sich aufbauenden Zusammensetzung. Meine Untersuchung schliesst sich also den überraschenden Resultaten an, wie sie Brefeld und van Tieghem erhielten, sie ist eine Bestätigung der von diesen Autoren hervorgehobenen ungeschlechtlichen Entstehung des Fruchtkörpers der *Basidiomyceten*.

Breslau, den 28. Juni 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

Cyathus striatus Willd.

Fig. 1. Keimende Spore von *Cyathus striatus* mit einem Keimschlauch, der seitlich heraustritt. Vergr. 870.

Fig. 2. Ebenso mit zwei Keimschläuchen, von welchen der eine sich bereits ziemlich verlängert und verästelt hat. Vergr. 530.

Fig. 3. Ebenso mit drei Keimschläuchen. Vergr. 870.

Fig. 4. Ebenso mit unmittelbar nach dem Austreten sich verzweigenden Keimschläuchen. Vergr. 870.

Fig. 5. Verästeltes Mycelium von *Cyathus striatus*, aus einer bei a liegenden Spore hervorgewachsen; einzelne Hauptäste verlängern sich unverändert weiter und entwickeln neue Seitenzweige, andere gliedern sich in kurze Theilstücke, die in Spiral- oder Zickzacklinien lose verbunden umherliegen. Vergr. 70.

Fig. 6. Zweig eines solchen Myceliums stärker vergrössert; die Theilzellen sind von verschiedener Grösse und besitzen länglich-cylindrische Gestalten. Vergr. 530.

Fig. 7. Spore von *Cyathus striatus*, deren Keimschläuche bald nach dem Austreten und kurzer Verästelung gänzlich in Theilstücke auseinandergefallen sind. Vergr. 870.

Fig. 8. Solche Theilzellen in ihrem weiteren Verhalten; sie runden sich ab, einige treiben kurze Fortsätze — Keimschläuche — andere scheinen mit einander zu verschmelzen. Man erkennt noch die ursprüngliche kettenartige Anordnung. Vergr. 870.

Fig. 9, 10, 11, 12. Keimschläuche einzelner Theilzellen mehr verlängert, bei 11 verzweigt. Vergr. 870.

Fig. 13. Mit unregelmässig buchtigen Hervortreibungen versehene Endigung eines Mycelastes; bei a beginnende Schnallenzellenbildung. Vergr. 870.

Fig. 14, 15, 16. Eigenthümliche Verästelungen des Myceliums. Vergr. 870.

Fig. 17. Anastomose am Mycelium. Vergr. 870.

Fig. 18, 19. Schnallenzellenbildung durch Ausstülpungen auf beiden Seiten eines Mycelastes; dieselbe kommt nur einseitig wirklich zu Stande, denn der andere Ast legt sich nicht an die Nachbarzelle an, sondern wächst in 19 zu einem gewöhnlichen Zweig aus, in 18 anastomosirt er mit einem benachbarten Mycelfaden. Vergr. 870.

Fig. 20, 21. Andere Verschiedenheiten in der Schnallenzellenbildung. Vergr. 870.

Fig. 22. Sonderbare Hervortreibungen und dadurch eingeleitete Verwicklungen am Mycelium. Wenn diese Sprossen von mehreren benachbarten Hyphen durcheinander wachsen und sich verlängern, entstehen knäuelartige Bildungen. Vergr. 870.

Crucibulum vulgare Tul.

Fig. 23. a Sporen in ungekeimtem und ungequollenem Zustande, b gequollen theils unmittelbar vor der Keimung, theils mit schon entstandenem kurzem Keimschlauch. Vergr. 870.

Fig. 24, 25. Keimschlauch weiter gewachsen und verästelt. Vergr. 870.

Fig. 26. Aus einer Spore a hervorgegangenes Mycelium, Keimschlauch auf einer Seite etwas dicker; überall zahlreiche Ausstülpungen, welche später zu Myceläten auswachsen und dem Ganzen ein geweihartiges Ansehen verleihen. Vergr. 320.

Fig. 27. Der Sporeninhalt eines auf Weidenrinde liegenden Sporangiums a hat gekeimt; es gehen vom Sporangium theils an der Ober-, theils an der Unterseite eine Menge dicht verflochtener gelber Mycelstränge aus, welche sich vielfach verästeln, besonders am Endverlauf, wo sie in einen zarten weissen Mycelfilz übergehen. Vergr. 12.

Fig. 28, 29. Junge plasmareiche Hyphen, deren sich eine oder zwei aus den einzelnen Mycelzellen erheben, an den Enden mit vielfachen oft dichotomen Ausstülpungen versehen. Indem sich diese Gebilde mit anderen ähnlich gestalteten Nachbarhyphen verwirren, auch zuweilen anastomosiren und immer reichlicher verästeln, gruppirt sich das Ganze bald zu einem rundlichen schneeweissen Flöckchen, womit dann die Anlage eines neuen Fruchtkörpers zu Stande gekommen ist. Vergr. 870.

Fig. 30. Hyphen aus sehr jungen bereits entstandenen Fruchtanlagen: dieselben sind ungemein reichlich verzweigt, sehr zart und mit vielen Spitzen und Zacken versehen. An den letzten drei Figuren zahlreiche Schnallenzellen. Vergr. 870.

Untersuchungen über Bacterien.

IV.

Beiträge zur Biologie der Bacillen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Hierzu Tafel XI.

1. *Die Bacterien und die Urzeugung.* Unter den Problemen, welche von der modernen Naturwissenschaft ihre Lösung erwarten, ist vielleicht keines bedeutungsvoller, als die Frage, ob lebende Wesen sich ausschliesslich aus Keimen entwickeln, welche von Wesen gleicher Art erzeugt worden sind, oder ob sie nicht auch aus unlebendiger Materie (durch *Abiogenesis, Archigenesis,* Urzeugung, *Generatio spontanea*) entstehen können. Mit Unrecht haben die meisten Naturforscher namentlich in Deutschland diese Frage als längst im Sinne der ersten Alternative entschieden betrachtet; denn wenn auch seit Redi zahllose Experimente und Beobachtungen herausgestellt haben, dass die unendliche Mehrzahl der Thiere und Pflanzen sich nicht entwickeln, wo nicht Keime (Eier, Samen oder Sporen) ihrer Art vorhanden sind, so wäre es doch ein übereilter Schluss, daraus zu folgern, dass eine Entstehung ohne Keime für alle Wesen, auch für die einfachsten und niedersten, unmöglich sei. Diejenigen Naturforscher, welche eine absolute Grenze zwischen anorganischen und organischen Verbindungen, zwischen lebenden und leblosen Körpern leugnen, und das Leben als eine Function der nämlichen Kräfte ansehen, welche auch in der unlebendigen Natur thätig sind, haben auch nicht den mindesten Grund, an der Möglichkeit zu zweifeln, dass unter gewissen Verhältnissen durch eine gewisse Combination chemischer und physikalischer Kräfte aus den Atomen der Kohle, des Sauerstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs ebensogut Protoplasma gebildet werden könne, wie sich thatsächlich kohlensaures Ammoniak oder Harnstoff erzeugen lässt, und dass dieses künstlich

oder spontan gebildete Protoplasma in Lebensschwingungen gerathen und zu einer lebendigen ernährungs- und fortpflanzungsfähigen Monere sich gestalten könne. Es ist daher ein nicht gering zu schätzendes Verdienst, wenn in neuerer Zeit Pouchet und insbesondere Ch. Bastian, ohne sich bei der Voraussetzung einer erwiesenen Unmöglichkeit der Urzeugung voreilig zu beruhigen, vielmehr den Weg des Experiments betraten, um die Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen möglicher Weise lebende Wesen aus organischer, aber unlebendiger Materie sich entwickeln können; denn die andere Seite des Problems, die Erzeugung des Protoplasma aus anorganischen chemischen Verbindungen ist bis jetzt ernstlich noch nicht in Angriff genommen worden.

Dass die Untersuchungen der Anhänger der Urzeugung nicht ohne wissenschaftliche Berechtigung sind, ergiebt schon eine Kritik der Experimente, durch welche die Gegner diese Lehre widerlegt zu haben glauben. Nach der Annahme der letzteren ist es eine unbestreitbare Thatsache, dass in Substanzen, in welchen keine entwickelungsfähigen Keime lebender Wesen vorhanden sind oder nachträglich hineingerathen, sich auch nie und nirgends lebende Wesen entwickeln. Da aber die Abwesenheit solcher Keime wegen ihrer Kleinheit direct nicht erweisbar ist, so werden die für derartige Experimente benutzten Substanzen in der Regel vorher einer Temperatur ausgesetzt, von der angenommen wird, dass sie ausreiche, um alle vorhandenen Keime zu zerstören; als solche wurde bisher die Temperatur des siedenden Wassers betrachtet, wenn dieselbe auf eine organische Substanz eine Zeit lang eingewirkt hat; praktisch reducirt sich daher die oben angeregte Aufgabe auf die Behauptung, dass in Substanzen, welche einige Zeit der Siedhitze ausgesetzt sind, sich keine lebenden Wesen entwickeln.

2. *Widerstandsfähigkeit der Bacterien gegen Siedhitze.* In dieser Fassung ist die Behauptung jedoch unrichtig. Schon Schwann vermochte bekanntlich nicht in allen Fällen Fleisch u. s. w. durch Kochen vor Fäulniss, d. h. vor der Entwickelung von Bacterien zu bewahren; Pasteur fand, dass erst bei einer Temperatur von 110° Milch vor dem Sauerwerden durch Milchsäure-Bacterien geschützt ist; Schroeder verlangte 130°, um die Entwickelung von Bacterien in Fleisch, Eigelb und Milch unmöglich zu machen; Andere noch höhere Temperaturen[1]). In dieser Beziehung

---

[1]) Vergleiche die Zusammenstellung in R. Gscheidlen: Ueber die *Abiogenesis* Huizinga's in Pflüger's Archiv für Physiologie IX. p. 166.

sind von ganz besonderem Interesse die Versuche, welche im allergrossartigsten Massstabe behufs der Conservirung von Fleisch, Gemüsen u. s. w. in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen angestellt werden; denn bekanntlich ist die Herstellung conservirter Speisen nach der Appert'schen Methode einer der bedeutendsten Industriezweige der Neuzeit geworden, der noch immer weitere Verwendung findet und immer neue Nahrungsmittel auf unbegrenzte Zeiträume bacterienfrei für den internationalen Handel präparirt. Schon mehrere Male habe ich Veranlassung gehabt, mich über die Fabrikation solcher bacterienfreier und daher der Fäulniss nicht unterworfener Nahrungsmittel zu belehren; Herr Senator Dr. W. Bremer theilte mir auf meine Bitte freundlich mit, dass zu Lübeck in mehreren Fabriken alle Gemüse durch Kochen bei 100° in Blechbüchsen haltbar gemacht werden, ohne dass jemals in einer dieser Dosen (die Zahl betrug im Jahre 1873 mehr als 80,000) Gährung eintritt, sobald dieselben gut verschlossen sind; eine einzige Ausnahme machen die Erbsen, welche früher auch bei 100° eingekocht wurden; nachdem aber in warmen Jahren fast die Hälfte aller Dosen trotz luftdichten Verschlusses durch eingetretene Gährung verdorben waren, werden seit 1858 die Erbsen in Wasser, worin 28 % Kochsalz aufgelöst ist, bei einer Hitze von 108° gekocht und seitdem verdirbt keine gut verschlossene Dose mehr. Gleiches Resultat wird erzielt, wenn die Erbsen ohne Salzwasserlösung nach einem in Frankreich erfundenen Verfahren bei einer Hitze von 117° gekocht werden; nach diesen Methoden werden allein in Lübeck jährlich ca. 50,000 Dosen Erbsen eingekocht und meist in tropische Länder verschickt, ohne dass im Laufe vieler Jahre auch nur eine verdirbt.

Vor längerer Zeit erhielt ich durch meinen früheren Schüler, Herrn Apotheker Dr. Schröder zu Frauenfeld im Thurgau, der mich schon mehrfach in meinen Studien über Gährungsorganismen freundlich unterstützte, mehrere Blechbüchsen mit Erbsen, welche ein dortiger Fabrikant bei 105° mit einem Zusatz von Soda eingekocht, und die trotz des hermetischen Verschlusses sämmtlich in Fäulniss gerathen waren, ohne Zweifel, weil das Kochen aus Besorgniss vor der erweichenden Einwirkung der Soda kürzere Zeit als sonst üblich fortgesetzt worden war.

Wenn freilich Ch. Bastian aus diesen und ähnlichen Versuchen den Schluss gezogen hat, dass in solchen Substanzen, bei denen Kochen die Entwickelung von lebenden Organismen nicht verhindert, die letzteren durch Urzeugung entstanden sein müssen, da nicht

anzunehmen sei, dass ihre Keime der Siedhitze von 100° widerstehen können, so wird von den Gegnern die letztere Voraussetzung als eine durchaus unbewiesene erklärt und der darauf begründeten Schlussfolgerung mit Recht jede Beweiskraft abgesprochen. Allerdings konnte Ch. Bastian in einem vor kurzem erschienenen Aufsatze nicht weniger als 20 gewichtige Zeugen, unter ihnen Physiologen ersten Ranges, aufführen, welche bei ihren Versuchen zu dem Resultate gekommen waren, dass organische Substanzen durch Kochen nicht unter allen Umständen desinficirt, d. h. für Bacterienentwickelung und Fäulniss unfähig gemacht werden[1]). Aber eben so übereinstimmend sind die Resultate darin, dass durch eine Erhitzung über 100° schliesslich in jeder Substanz die spontane Bacterienentwickelung unmöglich gemacht werden kann, und dass dabei die Höhe der Temperatur und die Dauer ihrer Einwirkung in umgekehrtem Verhältnisse concurriren, d. h. dass durch eine höhere Temperatur in kürzerer Zeit, durch eine relativ niedere Temperatur nach längerer Einwirkung in jeder organischen Substanz die Entstehung von Organismen verhindert wird. Es hat sich dieses Resultat mit Evidenz insbesondere aus den vielfach modificirten Untersuchungen ergeben, welche auf Veranlassung der Ch. Bastian'schen und der Huizinga'schen Experimente von Burdon Sanderson, Samuelson und Gscheidlen veröffentlicht worden sind[2]). Noch vor Kurzem hat Tyndall in einem anregenden Vortrage „über das optische Verhalten der Atmosphäre in Beziehung zur Fäulniss und Infection" Bericht erstattet über das Ergebniss einer ausgedehnten Versuchsreihe, welche das Erfülltsein der Luft mit Schwärmen oder Wolken von Bacterienkeimen — abwechselnd mit bacterienarmen oder freien Zwischenräumen — erweisen und die Phänomene der Fäulniss und der Contagien durch Infection mit den aus der Luft stammenden Keimen erklären sollten[3]). Mehrere hundert, in mannigfaltigster Weise variirte Versuche lieferten das übereinstimmende Ergebniss, dass alle möglichen thierischen oder pflanzlichen Stoffe oder Infusionen ausnahmslos 2—3 Tage nach dem Kochen faulen, wenn sie bei 15—20° C. der gewöhnlichen Luft ausgesetzt sind, nicht aber wenn die Luft filtrirt oder auf andere Weise staubfrei gemacht worden war, und sich bei der Beleuchtung mit einem elec-

[1]) Nature Febr. 1876.

[2]) Burdon Sanderson, Nature VI. 1873; Samuelson, Pflüger's Archiv VIII. p. 277; Gscheidlen, ibid. IX. p. 163.

[3]) Tyndall, „on Germs." Auszug aus einer vor der Royal Society am 13. Jan. 1876 gelesenen Abhandlung. Nature 1876 Febr. No. 326 u. 327.

trischen Strahl als optisch leer erwies[1]). Aber alle diese Stoffe waren 5 Minuten lang in Reagenzcylindern in einem Salzwasser- oder Oelbade gekocht, also auf eine Temperatur über 100° erhitzt worden.

Ist aber die ganze Sache wirklich durch den nunmehr gewonnenen Nachweis erledigt, dass zwar nicht durch Kochen bei 100°, wohl aber durch längeres oder kürzeres Erhitzen über 100° Bacterienentwickelung in organischen Stoffen unbedingt verhindert werden kann, wenn nicht neue Infection durch von aussen eingeführte Keime eintritt? Weshalb sind 100° für das Tödten der Bacterien nicht mehr als ausreichend, da doch alle anderen lebenden Wesen schon durch weit geringere Temperaturen getödtet werden, und da in den ausdrücklich für diesen Zweck unternommenen Versuchen die Bacterien selbst gezeigt haben, dass sie verhältnissmässig niederen Wärmegraden nicht widerstehen können?

Schon im Jahre 1872 habe ich die Frage direct und experimentell zu lösen gesucht, bei welcher Temperatur Bacterien die Fähigkeit der Vermehrung verlieren. Es stellte sich dabei heraus, dass bei Anwesenheit fester organischer Stoffe (ausgekochter Lupinen, Erbsen u. s. w.) die Resultate unsicher wurden, und ich erklärte dies daraus, dass dergleichen feste Körper als schlechte Wärmeleiter die durch das Thermometer angezeigte Temperatur der Versuchsflüssigkeit nur sehr langsam in ihrer ganzen Masse annehmen und einzelne, in ihren Spalten oder Intercellularräumen verborgene Bacterien sehr lange vor der tödtlichen Erhitzung schützen können[2]). Es wurde deshalb eine geringe Menge entwickelungsfähiger Bacterien (ein Bacterientropfen) zu einer klaren Flüssigkeit (Bacteriennährlösung) zugefügt, und durch vergleichende Versuchsreihen, welche Dr. Horvath auf meine Bitte übernahm, ermittelt, dass eine 60 Minuten lange Erwärmung auf 60—62° die Vermehrung der Bacterien verhindere[3]). Dr. Schröter bestimmte bei seinen Versuchen über Desinfection die Temperaturgrenze, durch welche schwärmende Bacterien unbeweglich und wahrscheinlich auch zu weiterer Entwickelung unfähig, d. h. ohne Zweifel getödtet werden, im Minimum auf 58°[4]).

Aber auch diese Temperatur übertrifft bereits nicht unerheblich

---

[1]) Vgl. Tyndall, über Staub und Krankheit in „Fragmente aus den Naturwissenschaften" 1874 p. 333.

[2]) Siehe Band I. Heft 2 dieser Beiträge p. 218.

[3]) l. c. p. 220.

[4]) Schroeter, Prüfung einiger Desinfectionsmittel. Band I. Heft 3 dieser Beiträge p. 35.

den Wärmegrad, welcher für die Tödtung der meisten anderen lebenden Organismen als ausreichend erachtet wird. Obwohl die äusserste Grenze für alle Organismen noch nicht sicher festgestellt ist, wird dieselbe doch nach den Untersuchungen der meisten Forscher auf nicht höher als 35 50° C. angesetzt [1]), da lebendes Protoplasma meist schon bei einer Temperatur von 43° gerinnt, während andere Proteinverbindungen erst durch Erhitzen auf 60° getrübt und bei 70—75° flockig coagulirt werden.

Allerdings war bei unseren früheren Bacterienversuchen der Einfluss der Zeitdauer nicht mit in Berücksichtigung gezogen worden; es liess sich aber vermuthen, dass bei längerer Einwirkung schon geringere Wärmegrade den nämlichen lethalen Einfluss üben werden, wie verhältnissmässig höhere in kürzerer Zeit. Von diesem Gesichtspunkte aus wurde von Dr. Eidam auf mein Ansuchen im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut eine Reihe von Versuchen angestellt; es ergab sich, dass gewöhnliche Fäulnissbacterien in einer Flüssigkeit durch 14stündiges Erwärmen auf 45°, wie durch dreistündiges auf 50° getödtet werden, während sie bei 40° zwar in Wärmestarre verfallen, aber sich wieder erholen.

3. Versuche mit gekochtem Heuaufguss. Ist nun der Widerspruch dieser Versuche mit den früher erwähnten einzig und allein darauf zurückzuführen, dass bei den ersteren feste, bei den letzteren ausschliesslich flüssige Nährstoffe benutzt wurden? Ich selbst habe noch vor Kurzem bei den vielbesprochenen Bastian'schen Versuchen mit Rübendecoct in dem beigefügten Käse die *materia peccans* gesucht, welche als schlechter Wärmeleiter die Keime gewisser Bacterien vor der tödtlichen Siedhitze in ähnlicher Weise bewahre, wie etwa die im Muskelfleisch eingekapselten Trichinen bei nur kurzem Aufkochen lebendig bleiben [2]).

Aber bereits Bastian hatte bei seinen Experimenten verschiedene Flüssigkeiten ausfindig gemacht, in denen sich bei vollständiger Abwesenheit fester Körper selbst nach 5 bis 10 Minuten langem Kochen gleichwohl lebende Organismen entwickeln. Von ganz besonderem Interesse sind in dieser Beziehung die von Dr. W. Roberts

[1]) Sachs, Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. p. 698; Kühne, Protoplasma p. 12. Hoppe Seyler fand 1875 in Ischia noch Algen an Felsen, deren Temperatur durch heisse Dämpfe auf 64,7° gebracht war, in Lipari bis 53°; eben so hoch (43° R.) hatte ich 1861 die Grenze für die *Oscillarien* des Carlsbader Sprudels bestimmt. (Abhandlungen der Schles. Gesellsch., naturw.-medizin. Abtheil. II. 1862.)

[2]) Bd. I Heft 3 dieser Beiträge p. 191, 195.

am 3. März 1874 der Royal Society in London vorgelegten Versuche, welche den Zweck hatten, die zur Sterilisation von Flüssigkeiten erforderlichen Hitzegrade zu ermitteln und dadurch zugleich zu einem Urtheil über die etwaige Entstehung von Bacterien durch Urzeugung zu gelangen [1]). Glaskölbchen von 30—50 cm.$^{cub.}$ wurden zu $^{2}|_{3}$ mit einer Flüssigkeit gefüllt; der abgetrocknete Hals mit einem Baumwollpfropf in der Mitte verstopft und seine lang ausgezogene Spitze zugeschmolzen, hierauf das Kölbchen im kochenden Wasserbade längere oder kürzere Zeit aufrecht stehend belassen; wenn völlig erkaltet, wurde der Hals durch Abfeilen der Spitze wieder geöffnet. Nach dieser Methode, durch welche das Verdampfen und Aufstossen der kochenden Flüssigkeit, ebenso wie die nachträgliche Infection durch Keime aus der Luft verhindert werden sollte, wurden vier Jahre hindurch mehrere hundert Versuche angestellt. Decocte verschiedener organischer Thier- und Pflanzengewebe durch kurzes Aufsieden mit Wasser hergestellt, sowie Lösungen organischer Salze und gesunder oder diabetischer Urin wurden schon nach 3—4 Minuten sterilisirt; Infusionen, bei Blutwärme durch langsames Digeriren von Fleisch, Fisch, Rüben, Möhren, Früchten dargestellt, erforderten 5—10 Minuten; Wasser, dem Stücke von grünen Gemüsen (Kohl, Spargel, grüne Erbsen und Bohnen), Fisch, Fleisch, Eiweiss, Käse zugefügt waren, sowie Milch, Blut und albuminöser Urin mussten nicht weniger als 20 bis 40 Minuten der Siedhitze ausgesetzt werden, ehe sie sterilisirt wurden. Am schwierigsten aber verhielt sich überneutralisirte Heuinfusion; in dieser wurde bisweilen erst durch ein- bis zweistündiges Verweilen im kochenden Wasserbade die Bacterienentwickelung verhütet; im Oel- oder Salzwasserbade genügten schon 5 bis 15 Minuten.

Diese Ergebnisse, in streng wissenschaftlicher Methode gewonnen, verdienten eine ernstliche Prüfung, und ich habe deshalb die Roberts'schen Versuche mit der Heuinfusion viele Male wiederholt, wobei mich Mr. Robert Hare aus Ottawa (Canada), der in unserem pflanzenphysiologischen Institut arbeitet, auf das Bereitwilligste unterstützte. Hierbei stellte ich mir aber die besondere Aufgabe, die in den gekochten Heu-Infusionen entwickelten Organismen, die bisher nur schlechthin als Bacterien bezeichnet worden waren, unter dem

[1]) W. Roberts, Studies on Biogenesis. Philos. Transact. of the Royal Society of London vol. CLXIV. II. p. 474. Als permanente Sterilität wird der Zustand einer Flüssigkeit definirt, in welchem sie zur Entstehung von Organismen unfähig ist, nicht aber die Fähigkeit zur Ernährung und Vermehrung der (von aussen eingeführten) Organismen verloren hat.

Mikroskop genauer zu untersuchen, um womöglich zu ermitteln, ob nicht in gewissen specifischen Eigenschaften derselben die Ursache ihrer unglaublichen Widerstandsfähigkeit gegen das kochende Wasser gefunden werden könne.

Die Heuinfusion wurde ganz nach der Methode von Roberts in folgender Weise dargestellt: Heu wurde in einem Glascylinder mit wenig Wasser übergossen und mit demselben bei 36° vier Stunden lang digerirt, dieser Aufguss von dunkelrothbrauner Farbe wurde durch Zusatz von destillirtem Wasser auf das spec. Gewicht 1006 verdünnt und doppelt filtrirt; er war nun vollkommen klar, schön goldgelb, etwa wie Münchener Bier, und reagirte deutlich sauer; er soll deshalb als saurer Heuaufguss bezeichnet werden.

W. Roberts hatte gefunden, dass neutraler Heuaufguss ganz besonders schwierig zu sterilisiren sei; werden zu 200 cm.[cub.] saurem Heuaufguss 1,5 cm.[cub.] *liquor potassae* zugesetzt, so reagirt derselbe gegen Laemus und Curcumapapier neutral; diese Flüssigkeit, die nicht klar, sondern trübe opalisirend ist, soll als neutraler Heuaufguss bezeichnet werden. Offenbar enthält frischer Heuaufguss einen in einer Säure gelösten Stoff, der durch Neutralisiren der Säure ausgefällt wird und sich allmählich als dunkelbrauner Absatz niederschlägt, wodurch der neutrale Heuaufguss mit der Zeit von selbst wieder klar wird; ein paar Tropfen Essigsäure lösen die Trübung augenblicklich auf und machen die Flüssigkeit klar. Von einer Bacterientrübung ist hierbei nicht die Rede.

Anfangs machte ich die Versuche genau nach der Angabe von Roberts in kleinen langhalsigen Glaskölbchen, deren Hals in der Mitte mit einem Baumwollenpfropf ausgestopft, vor dem Kochen an der Spitze zugeschmolzen, nach dem Kochen wieder aufgebrochen wurde. Der Nachtheil dieser Methode besteht darin, dass es schwer ist, den Baumwollenpfropf während des Versuches vor zufälligem Benetzen mit dem Heuaufguss zu wahren, wodurch eine Infection des letzteren eintreten kann; auch könnte der beim Kochen entwickelte Dampf, welcher die Baumwolle durchdringt und im Hals sich theilweis condensirt, sich leicht mit Keimen beladen; ganz besonders aber ist bei dieser Methode das Herausnehmen kleiner Proben der Versuchsflüssigkeit zur mikroskopischen Untersuchung erschwert. Es wurden deshalb die späteren Versuche in gewöhnlichen Reagenzcylindern gemacht, deren mittlerer Theil über der Gasflamme in eine lange Röhre ausgezogen wurde; jeder Cylinder wurde vermittelst einer Pipette mit 10—15 gm. Heuaufguss zur

Hälfte oder zwei Drittel gefüllt, sodann der eingeschnürte Halstheil mit einem feinen Drath umwunden, an dessen freies Ende ein kleines Bleigewicht passend befestigt wurde. Das Erhitzen geschah in einem eisernen Kessel, der mit warmem Wasser gefüllt und in welchen eine Anzahl der präparirten Reagenzcylinder vermittelst ihrer um den Kesselrand gebogenen Drähte eingehängt wurden; sie waren durch die Bleigewichte in aufrechter Stellung derart festgehalten, dass ihre offenen Enden niemals vom Wasser, welches durch eine unter dem Kessel befindliche Gasflamme zum Sieden gebracht wurde, erreicht werden konnten. Der Heuaufguss in den Reagenzcylindern zeigte bald, wie ein eingesetztes Thermometer nachwies, 99—100°, ohne jemals, wie am offenen Feuer, aufzustossen oder überzulaufen; das Sieden im Kessel wurde 2—3 Stunden unterhalten, die Versuchscylinder jedoch nach kürzerem oder längerem Verweilen in vorher verabredeten, meist von je 10 bis 15 Minuten abgestuften Intervallen herausgenommen und ihre Oeffnung erst dann mit Baumwolle verstopft, wenn die im Hals niedergeschlagenen Wasserdämpfe wieder verdunstet waren, was nach 1 bis 2 Minuten eintritt. In der Regel wurde gleichzeitig ein Cylinder mit saurem und mit neutralem Heuaufguss aus dem siedenden Wasser herausgenommen; sämmtliche Cylinder wurden nun auf einen Reagenzständer neben einander gestellt und in dem schon früher in diesen Heften beschriebenen Wärmekasten bei einer Temperatur von 24—30° aufbewahrt; zum Vergleich wurden jedesmal auch Reagenzcylinder mit ungekochtem sauren oder neutralem Heuaufguss neben die gekochten gestellt.

Ich beschränke mich darauf, das Gesammtresultat dieser Versuche hier zusammenzustellen, welche am 25. Oct. 1875 begonnen und bis Mitte Juli 1876 immer von Neuem aufgenommen wurden, und deren Anzahl sich auf mehrere Hundert beläuft.

Ueberlässt man ungekochten Heuaufguss, gleichviel ob sauer oder neutral, sich selbst, so wird derselbe in der Regel schon nach 12—20 Stunden, bei niederer Zimmertemperatur erst nach einigen Tagen, trübe und undurchsichtig; oben sammelt sich eine dichtere Bacterienschicht und über dieser Zoogloeaschleim; am Boden schlägt sich weisslicher Absatz nieder; ununterbrochenes Aufsteigen von Gasbläschen verräth den Eintritt einer Gährung. Die gesättigte goldgelbe Farbe des sauren Aufguss wird von Tag zu Tag heller und blasser, trübem Pilsener Bier vergleichbar. In der Flüssigkeit entwickeln sich sehr verschiedenartige Organismen, hauptsächlich zahllose Schwärme des strichförmigen *Bacterium Termo,* aber auch

Schleimcolonieen von *Micrococcus*, darmförmig gewundene, in kleine Segmente gelappte Gallertröhren von *Ascococcus*[1]), *Sarcina*ähnliche Haufen, rosenkranzförmige *Torula*ketten (*Mycothrix*), stäbchenartige *Bacillen*, längere *Leptothrix*fäden, auch Hefezellen, aus denen hauptsächlich der reichliche weisse Absatz besteht. Ohne Zweifel tritt in der aus den süssen Grashalmen ausgelaugten Zuckerlösung langsame Alkoholgährung ein, die jedoch bald in Essiggährung übergeht; auf der Oberfläche der Flüssigkeit breiten sich die chagrinartigen *Micrococcus*-Schleimmassen der Essigmutter aus; die Flüssigkeit selbst wird stark sauer; vielleicht bildet sich auch Milchsäure. Auch neutraler Heuaufguss wird von selbst mit der Zeit sauer, wenn auch nicht so stark wie der nicht neutralisirte; er wird auch langsamer entfärbt. Doch ist die Entfärbung nicht von einer wirklichen Zerstörung des Pigments, sondern von einer Bindung desselben durch die im gährenden Heuaufguss erzeugten Säuren veranlasst; denn durch Zusatz von etwas Ammoniak erhält der blasse Heuaufguss sofort wieder seine frühere goldklare Färbung, welche durch nachträgliches Neutralisiren mit etwas Salzsäure von Neuem verschwindet. Zuletzt siedelt sich in der Regel auf der Oberfläche der Aufgüsse *Penicillium* an und durchwuchert mit seinem Mycel die Bacterienschleimhaut. Infusorien fanden sich nie bei meinen Versuchen.

Nicht selten entwickelt sich nach einiger Zeit im Heuaufgusse ein sehr gesättigtes Orangepigment, welches zuerst an der Oberfläche erscheint und die schwimmenden Häute intensiv braun färbt, mit der Zeit aber nach der Tiefe sich ausdehnt, sodass der Aufguss zwei übereinander schwimmende Schichten, eine tiefere blassgelbe und eine obere granatrothe unterscheiden lässt.

Anders verhalten sich die gekochten Heuaufgüsse. Auch in ihnen können Veränderungen eintreten, welche auf der Vermehrung mikroskopischer Organismen beruhen, selbst nach längerem Verweilen im kochenden Wasserbade, und gleichviel, ob die Aufgüsse sauer oder neutral waren.

Umstehende Tabelle giebt über einige unserer Versuchsreihen Aufschluss.

---

[1]) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 3 p. 151. Der *Ascococcus* der Heuaufgüsse zeigte nur dünne Gallerthüllen und verdient eine besondere Untersuchung; er ähnelt der von Billroth abgebildeten Form (*Coccobacteria septica* Tab. III. Fig. 23. 25).

Im gekochten Heuaufguss entwickelten sich

			Organismen.	keine Organismen.
			Dauer der Erhitzung auf 100°.	
1875				
28. Oct.	sauer	5— 15	Min.	
	neutral	5— 15	„	30 Min. und mehr.
7. Nov.	sauer	5— 20	„	30 dito
	neutral	5— 15	„	20 dito
18. Nov.	sauer	5— 20	„	30 dito
	neutral	5— 15	„	20 dito
24. Nov.	sauer	5— 90	„	120 dito
	neutral	5—120	„	
1. Dec.	sauer	30— 60	„	90—180 Min.
	neutral	— 30	„	90—180 „
1876				
5. März	sauer	20— 80	„	100—120 „
	neutral	20	„	40—120 „
5. Juli	sauer	5— 30	„	40—120 „

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, dass, während in den 5—15 Minuten lang gekochten Heuaufgüssen ohne Ausnahme Organismen sich entwickelten, bei längerem Verweilen im siedenden Wasserbade die Ergebnisse ungleich ausfielen; manchmal waren 20 Minuten, im anderen Falle 30, einige Male 1½ bis 2 Stunden zum Sterilisiren erforderlich. Es wurde auch bei einer Versuchsreihe beobachtet, dass in den 60 Minuten lang gekochten Reagenzcylindern Organismen sich entwickelten, während die 45 Minuten gekochten freiblieben. Im Allgemeinen zeigten die kürzere Zeit gekochten Heuaufgüsse niemals am folgenden, wohl aber in der Regel schon nach 2 Tagen, die länger erhitzten erst ein bis 2 Tage später die Anzeichen einer Vermehrung von Organismen; ein constanter Unterschied in der Zeitdauer zwischen sauren und neutralen Aufgüssen, wie ihn Roberts gefunden, trat in unseren Versuchen nicht hervor; die Ungleichheiten der gewonnenen Resultate leite ich von zufälligen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des zu den Aufgüssen benützten Heues ab.

Ehe ich über die Organismen berichte, welche sich in den gekochten Aufgüssen entwickelten, will ich bemerken, dass an eine nachträgliche Infection derselben durch von aussen nach dem Kochen eingeschleppte Keime bei unseren Versuchen nicht zu denken ist. Tyndall[1]) hat mit Unrecht die von Roberts als Verschluss be-

[1]) l. c. Nature 1876. Febr.

nutzte Baumwolle in Verdacht gezogen, die sich bis jetzt überall, auch in seinen eigenen Versuchen, als ein vollkommenes Filter gegen die in der Luft schwimmenden Bacterien bewährt hat; ebenso wenig tritt eine Infection aus der Luft in dem kurzen, bei meiner Methode zwischen dem Herausnehmen der Reagenzcylinder aus dem Kessel und dem Verstopfen mit Baumwolle liegenden Zeitraum ein; selbst wenn die Cylinder einfach offen gelassen und der Hals nach Pasteur-scher Methode umgebogen ist, gelangen wohl einmal Schimmelsporen, aber kaum jemals Bacterien in die Versuchsflüssigkeit. Ich habe übrigens auch die Versuche so abgeändert, dass ich, ohne Baumwolle anzuwenden, den Hals der Kölbchen, die ich mit Heuaufguss zur Hälfte gefüllt, an der Gasflamme zuschmolz und sie sodann in dem Kessel mit siedendem Wasser vollständig untertauchte; bei einem Versuch am 5. Juli entwickelten sich Organismen in den 5, 15, 25, 35 Minuten, nicht aber in den 45, 60 Minuten und darüber in siedendem Wasser untergetauchten zugeschmolzenen Kölbchen. Da die in den Kölbchen eingeschlossene Luft zur Entwickelung von Organismen sich als ausreichend erwies, so brauchten dieselben nach dem Kochen nicht geöffnet zu werden, so dass ein nachträgliches Verunreinigen durch Keime aus der Luft absolut ausgeschlossen war, gleichwohl verhielten sich die zugeschmolzenen Kölbchen in Bezug auf das Auftreten der Organismen genau so, wie die mit Baumwolle verstopften Reagenzcylinder.

4. *Untersuchung der in gekochten Heuaufgüssen entwickelten Organismen.* Nachdem unsere Versuche uns eine vollständige Bestätigung der Bastian-Roberts'schen Angaben und damit einen neuen Beleg zu der wichtigen Thatsache gebracht hatten, mit der wir fortan, namentlich bei Desinfectionen, rechnen müssen, dass in filtrirten, vollkommen klaren Flüssigkeiten selbst durch längeres Erhitzen auf 100° die Entwickelung von Organismen nicht immer verhindert wird, und dass es unter Umständen eines mehrstündigen Kochens bedarf, um des Sterilisirens sicher zu sein, wendete ich mich zum zweiten Theile meiner Aufgabe, der bisher meines Wissens noch nicht in Angriff genommen worden war, nämlich durch die mikroskopische Untersuchung zu ermitteln, welcher Art die Organismen angehören, die eine so unerwartete Widerstandsfähigkeit gegen die tödtliche Einwirkung der Siedhitze besitzen? Schon auf den ersten Blick liess sich erkennen, dass die Entwickelung der Organismen in den gekochten Heuaufgüssen einen ganz anderen Verlauf nimmt, als in den ungekochten.

Während in den letzteren, wie schon erwähnt, die Flüssigkeit sich vollständig bis zum Boden trübt, monatelang trübe bleibt und sich dabei langsam entfärbt, stark sauer wird, einen starken Absatz von Hefe und oben eine Schleimschicht von *Zoogloea*, sowie später einen Anflug von Schimmelpilzen erhält, fanden sich in den gekochten Aufgüssen weder Hefe noch *Penicillium*, noch auch *Ascococcus* oder *Sarcina*. Ebenso wenig verblasste die intensive Färbung der gekochten Aufgüsse, sie erlitt nur eine kurze vorübergehende Trübung und wurde bald wieder vollkommen goldklar bei den sauren, dunkler, wie Porter, bei den neutralen Infusionen; wir wissen bereits, dass jene Farbenveränderung von einer sauren Gährung herrührt, die in Folge des Kochens unterblieb.

Das erste Anzeichen der Neubildungen in den gekochten Aufgüssen ist nach etwa zwei Tagen die Entstehung eines zarten irisirenden Anflugs auf der Oberfläche der Flüssigkeit; bald darauf beginnt die oberste Schicht sich zu trüben und eine schleimig-flockige oder schülfrige Beschaffenheit anzunehmen, ohne dass jedoch die Trübung, wie in den ungekochten Aufgüssen, sich allmählich steigernd bis zum Grunde ausdehnte. Am dritten, spätestens am vierten Tage schwimmen in den oberen Schichten der Flüssigkeit unzählige punktförmige weissliche Schüppchen, die sich vergrössern und zu einer auf der Oberfläche schwimmenden Haut verbinden; am dritten Tage gleicht diese einer schleimigen Milchrahmhaut; am vierten ist sie bereits fester, an der Oberfläche kreideweiss; charakteristisch ist, dass diese Haut immer trocken, gleichsam fettig und nur schwer benetzbar ist; durch Bewegung der Flüssigkeit haftet sie leicht an den oberen Glaswänden und lässt dieselben wie einen Fettrand oder wie mattes Glas erscheinen. Auf den ersten Blick kann man diese trockenen, zusammenhängenden schuppigen Häutchen von dem gewöhnlichen *Zoogloea*schleim faulender Flüssigkeiten sicher unterscheiden. Da die Haut am Glasstab nicht adhärirt, so lässt sie sich nur behutsam, dann aber in grösseren Lappen und Fetzen herausnehmen. Bald wird die Haut rinnig-runzlig, indem sie sich in unregelmässigen Windungen faltet, wie ich dies 1872 von der gelben Haut des *Micrococcus luteus* berichtete[1]) und Billroth 1874 in ausgezeichnet getreuer Weise von einer auf Hydrocelenflüssigkeit entstandenen *Ascococcus*-Haut abgebildet hat[2]). Bei einem Versuch in grösserem Massstab,

[1]) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 p. 153.

[2]) Billroth, *Coccobacteria* 1874 p. 12, Taf. II. Fig. 17.

wo saurer Heuaufguss in einem 500 gm. fassenden Kolben fast 2 Stunden gekocht worden war, bildete die runzlig-faltige Haut sich besonders üppig aus.

Schüttelt man die Versuchsgläser ein wenig, so sinkt die ganze Haut leicht zu Boden; auch von selbst setzen, schon vom dritten Tage an, die feinen Pünktchen, Schüppchen und Schleimflöckchen, welche in den oberen Schichten des Aufgusses dicht gedrängt schwimmen, sich allmählich nieder, trüben während ihres Herabsinkens die tieferen Flüssigkeitsschichten und bilden zuletzt einen gallertartigen Absatz, während der Aufguss selbst sich klärt; da mit ihrer Ablagerung am Boden der Gläser die gesammte Entwickelung ihren Abschluss erreicht, so wird nach einigen Tagen die gekochte Heuinfusion von selbst vollkommen klar und contrastirt nun mit ihrer wenig veränderten goldgelben Farbenintensität gegen die andauernd getrübten und entfärbten ungekochten Aufgüsse.

Untersucht man Heuaufguss 24—48 Stunden nach dem Kochen, wenn kaum die erste Spur des irisirenden Anflugs bemerkbar ist, unter dem Mikroskop, so findet man bereits, dass jeder von der Oberfläche entnommene Tropfen von zahllosen, feinen, geraden, lebhaft bewegten Stäbchen schwärmt; die Dicke derselben beträgt höchstens 0,6 Mikr., ihre Länge ist in dieser Entwickelungsstufe noch sehr verschieden, 3, 5, 7 Mikr. und darüber, doch gehören sie sämmtlich einer einzigen Art an, dem *Bacillus subtilis*[1]). (Vgl. Fig. 8 Taf. XI bei a.), Die kürzesten allerdings könnte man jetzt leicht mit Fäulnissbacterien *(Bacterium Termo)* verwechseln; doch sind diese, wenn von gleicher Länge, bereits in Theilung begriffen und daher in der Mitte eingeschnürt, während die kürzesten Stäbchen der Heubacillen keine Spur von Theilung zeigen. Die meisten *Bacillus*-Stäbchen sind mindestens doppelt oder viermal so lang, aber auch zehn- und mehrmal länger als die längsten Bacterien der Fäulniss; oft zickzackartig gebogen, oder winkelig gebrochen, zerfallen sie leicht in kürzere Glieder, die, sobald sie frei geworden, rasch umherschwimmen; längere Fäden zeigen etwas schlängelnde Bewegung.

Der irisirende, einem Fetthäutchen ähnliche Anflug selbst besteht schon am zweiten Tage ganz und gar aus *Bacillen*, welche in Berührung mit der Luft ihre Bewegung verloren, dafür aber in lebhaftes Wachsthum und Zelltheilung eingetreten sind. Dem Charakter der Gattung *Bacillus* entsprechend, wachsen sie in dünne, farblose, scheinbar ungegliederte

---

[1]) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 pag. 175.

ausserordentlich lange, unbewegliche Fäden (*Leptothrix*-form) aus, welche in einfacher Schicht, etwa wie die Halme in einer Rohrdecke, parallel und eng nebeneinander gelagert sind (Fig. 8 links). Hier und da lassen anfangs die parallelen Fadenreihen zwischen sich Lacunen, in die sich kürzere Bacillen einschieben (Fig. 8 a b); indem diese aber ebenfalls rasch auswachsen und die Zwischenräume ausfüllen, entsteht eine zusammenhängende zarte Haut, welche die Oberfläche der Flüssigkeit vollständig bedeckt. Da aber die Zellvermehrung und das davon bedingte Längenwachsthum der Fäden noch längere Zeit mit grosser Lebhaftigkeit fortdauert, so müssen die Fäden wegen Mangel an Raum in den engen Reagenzcylindern sich wellenförmig nach aussen und oben krümmen, das ganze Häutchen nimmt in Folge dessen jene runzelig faltige Beschaffenheit an, welche wir schon oben erwähnt haben.

Gleichzeitig aber verdickt sich das Häutchen durch Anlegung von *Bacillus*fäden auf der Unterseite. Hier und in der Flüssigkeit selbst wachsen die farblosen zarten *Bacillus*-fäden nicht minder lang aus; sie gruppiren sich meist bündelweise, und indem sie an ihrer ganzen Fläche Schleim ausscheiden, treten die Fadenbündel in einen gewissen Zusammenhang, etwa wie die Oscillarienbündel der *Phormidien* oder der grünen Wasserblüthe *Limnochlide flos aquae*; so entstehen wirre Stränge oder unregelmässige dicht verflochtene Knäuel; dem blossen Auge erscheinen sie als kleine weisse Schüppchen oder Schleimflöckchen. In diesen Strängen und Knäueln verflechten die schleimumhüllten Fadenbündel in den seltsamsten lockigen Windungen sich zu grösseren Gallertfilzmassen, oder gruppiren sich zu hohlen, netzartig durchbrochenen Schleimballen (Fig. 10). Die Bildung von Schleimsträngen und Gallertfilzknäueln war bisher von mir bei *Bacillus* noch nicht beobachtet worden.

5. *Sporenbildung bei Bacillus subtilis.* Nunmehr bereiten sich die *Bacillus*-Fäden zur Sporenbildung vor. In ihrem homogenen Inhalt treten stark lichtbrechende Körperchen auf; aus jedem dieser Körperchen entsteht eine oblonge oder kurz cylindrische, stark lichtbrechende dunkelcontourirte Spore; in den Fäden findet man daher die Sporen in einfache Reihen geordnet (vgl. Fig. 4). Die in Schleim eingebetteten Fadenbündel verhalten sich ebenso, wie die freien *Bacillus*-Fäden; in Folge dessen besteht das auf dem Aufguss schwimmende Schuppenhäutchen gar bald (schon am 3. oder 4. Tage) aus unzähligen parallelen Sporenreihen und ändert dadurch sein Licht-

brechungsvermögen, indem es von oben kreideartig weiss erscheint. Sobald die Sporenbildung vollendet, sind die einzelnen Fäden in der Regel nicht mehr unterscheidbar, und es macht den Eindruck, als ob die Sporen völlig frei im Schleim lägen, doch verräth schon die lineare Anordnung noch immer ihre Entstehung im Innern der Fäden (Fig. 11). Allmählich lösen sich die Fäden wirklich auf, die Bacillenhaut wird zu einem verstäubenden Pulver aufgelöst, die Sporen fallen heraus und sinken auf den Boden der Flüssigkeit, wo sie sich massenhaft absetzen (vgl. Fig. 4 b).

Ueber die Vorgänge bei der Sporenbildung können nur sehr starke Immersionssysteme genauere Kenntniss gewähren (Fig. 9, die mit Seibert Imm. 8 gezeichnet ist). Obwohl die *Bacillus*fäden selbst unter starken Vergrösserungen scheinbar ungegliedert sind, so ist dies in Wirklichkeit doch nicht der Fall; die einzelnen Glieder, aus denen die Fäden bestehen, sind etwa viermal so lang als breit. In jedem Gliede entsteht eine Spore, welche dessen Höhle nicht ganz ausfüllt, sondern von der leeren Zellhaut beiderseits umgeben ist. Die Sporen sind 1,5 —2,2 Mikr. lang und 0,8 Mikr. dick, also 2 bis 3 Mal länger als breit; ihrer Entstehung nach scheinen sie denen der *Nostoceen* (*Cylindrospermum, Nostoc, Spermosira* u. a.) vergleichbar. Je nachdem der *Bacillus*faden kürzer oder länger, aus zwei, aus wenigen oder sehr vielen Gliedern besteht, finden wir die Sporen in einem Faden zu zweien, mehreren, oder in langen Ketten gereiht (Fig. 9); durch Zerfallen der *Bacillus*fäden isoliren sich auch einzelne Glieder, welche nur eine einzige Spore einschliessen. Wenn diese durch Austritt aus ihrer Mutterzelle völlig frei geworden, zeigt sie eine zarte, anscheinend gallertartige Umhüllung (Sporenhaut) und einen stark lichtbrechenden Inhalt. Aus der fettigen, Wasser nicht annehmenden Beschaffenheit der weissen Schuppenhäutchen, die, wie wir nunmehr wissen, ganz und gar aus den im Schleim eingelagerten *Bacillus*sporen gebildet sind, ist zu vermuthen, dass entweder der Inhalt dieser Sporen ölartig, oder ihre Membran für Wasser schwer benetzbar ist. Mit der Reife, dem Freiwerden und Absetzen der Sporen ist die Entwickelung der *Bacillen* zunächst abgeschlossen, und in den Heuaufgüssen tritt keine weitere Veränderung ein, nur die Häute nehmen später meist eine braungelbe Färbung an, vermuthlich durch Ausscheidung von Pigment aus den Aufgüssen.

Die Sporen sind jedoch keimfähig. Zwar keimen sie, wie es scheint, nicht in derselben Flüssigkeit, in welcher sie sich gebildet hatten; wenigstens sah ich niemals, dass nach Entstehung der Sporenmasse in einem der Versuchsgläser sich später eine neue

Trübung gezeigt hätte, die auf eine zweite Generation der *Bacillen* hätte zurückgeführt werden können; vielmehr blieben die Heuaufgüsse, nachdem sie sich einmal geklärt, trotz ihrer zahllosen Sporen fortan unverändert; aber wenn ich eine kleine Portion der Sporenmasse in einen Reagenzcylinder brachte, dessen Heuaufguss noch nicht die Fermentation der *Bacillen* durchgemacht hatte, sondern durch stundenlanges Kochen vollständig sterilisirt und in der That selbst bei längerem Verweilen im Wärmkasten nicht verändert war, so keimten offenbar die Sporen; denn oft schon am folgenden Tage hatte sich ein weisses schleimiges *Bacillus*häutchen auf der Oberfläche des Aufgusses gebildet, in welchem die Entwickelung der *Leptothrix*bündel, bald darauf der Sporenketten ihren regelmässigen Verlauf nahm. Als ich eine geringe Menge Sporen, welche schon seit Monaten auf dem Boden eines gekochten Aufgusses abgelagert waren, mit einem frischen Tropfen in die feuchte Kammer brachte, glückte es mir, die Keimung direct zu beobachten. Die Sporen schwollen etwas an und trieben an einem Ende einen kurzen Keimschlauch, sie erschienen nun als Köpfchenbacterien[1]). Der stark lichtbrechende Körper der Spore verschwand bald; der Keimschlauch glich dann einem kurzen *Bacillus*stäbchen, das sich in Bewegung setzte, durch Quertheilung gliederte, dann fadenförmig verlängerte. Bald schwärmten im Tropfen zahllose kürzere und längere *Bacillen*, letztere gingen in Ruhezustand über und verfilzten sich in weisse, schon dem blossen Auge sichtbare Filzmassen. Wenn mit den *Bacillus*-Sporen Keime von *Bacterium Termo* eingeschleppt wurden, so misslangen meist die Keimungsversuche, da dieses sich rascher vermehrte und die Bacillen unterdrückte[2]).

6. Schlussfolgerungen. Die hier mitgetheilten Beobachtungen, die sich in mehreren hundert Versuchen mit der Constanz physikalischer Experimente ausnahmslos wiederholten, scheinen mir den Schlüssel

---

1) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 p. 145, Heft 3 p. 188.

2) Die *Bacillen*gährung der Heuaufgüsse bietet überraschende Analogien zu dem Verlauf vieler Infectionskrankheiten. Im Heuaufgusse dauert die Incubation in der Regel zweimal 24 Stunden, während deren die inficirte Flüssigkeit anscheinend unverändert bleibt, obwohl gerade in dieser Zeit die lebhafteste Vermehrung der *Bacillen* stattfindet; am dritten Tage ist der Paroxysmus mit allgemeiner Trübung erreicht; bereits vom vierten Tage ab, wo die Sporenbildung beginnt, tritt Remission ein, die Flüssigkeit fängt an sich wieder zu klären; wenige Tage später ist alles vorüber, die Fermentorganismen sind sämmtlich in Sporen übergegangen und werden durch Häutchenbildung und Absetzen eliminirt; die Flüssigkeit ist von da ab immun, kann aber die Ansteckungskeime auf andere noch nicht inficirte Substrate übertragen.

des Räthsels zu enthalten, welches die Entwickelung von Organismen in gekochten organischen Stoffen bisher noch darbot. Folgende Thatsachen werden durch dieselben erwiesen:

I. In gekochten Flüssigkeiten entwickelt sich nicht *Bacterium Termo,* noch, so viel bis jetzt bekannt, ein anderer mikroskopischer Organismus, mit Ausnahme der *Bacillen.* Die Ursache dieser Erscheinung liegt nicht etwa darin, dass die Flüssigkeit durch das Kochen die Fähigkeit verliert, *Bacterium Termo* und die anderen Organismen zu ernähren und ihre Vermehrung zu veranlassen. Denn wenn ich in einen gekochten Heuaufguss, in welchem sich überhaupt nichts Lebendes entwickelt hatte, und der in Folge dessen völlig unverändert geblieben war, einen Tropfen aus einem ungekochten, in Gährung und Fäulniss übergegangenen Aufguss hineinbrachte, so war der gekochte Aufguss am folgenden Tage vollständig trübe, entfärbt, und wimmelte von *Bacterium Termo,* Hefe und den anderen im Tropfen vorhandenen *Schizophyten.*

Die einzige Ursache für das Ausbleiben jener Organismen in gekochten Aufgüssen kann daher nur darin liegen, dass dieselben unbedingt durch Kochen getödtet werden, wie ja auch die directen Versuche gezeigt haben, dass dieselben bereits durch die für alle höheren lebenden Wesen tödtliche Temperatur der Protoplasmacoagulirung (circa 50°) ihre Vermehrungsfähigkeit verlieren, d. h. ohne Zweifel getödtet werden [1]).

II. Wenn sich *Bacillen* in den gekochten Aufgüssen entwickeln, so ist die Ursache davon in der von uns nunmehr ermittelten Entwickelungsgeschichte derselben zu suchen. Wir können nicht daran zweifeln, dass im Heu *Bacillus*sporen enthalten sind, mögen dieselben schon an den lebenden Grashalmen adhäriren oder erst während des Mähens und Trocknens oder beim späteren Aufbewahren des Heues, während welcher Operationen eine gewisse Fermentation eintritt, hinein gelangen. Im trocknen Heu sind diese Sporen geschrumpft und mit Wasser schwer benetzbar; während des Digerirens werden sie losgespült und gelangen in den Heuaufguss; doch solange die Sporen nicht mit Wasser imbibirt und gequollen sind, können sie auf 100° erhitzt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, wie das unter gleichen Verhältnissen nicht blos für Pilzsporen, sondern selbst

[1]) Vergleiche unter andern auch die berühmten Versuche von Pasteur über Conservation des Weines durch Erhitzen der Flaschen auf 50—60°, welche ausreichen, um alle Keime der Essig-, schleimigen, bitteren Gährung u. s. w. zu zerstören.

für Phanerogamensamen nachgewiesen ist[1]). Dass die ungequollenen *Bacillus*sporen mindestens 15 Minuten, einzelne sogar 1—2 Stunden, im siedenden Wasser bleiben können, ohne getödtet zu werden, beruht vermuthlich auf ihrem ölartigen Inhalt, vielleicht auch auf einer der Sporenhaut stark adhärirenden Luftschicht, welche Leidenfrost'sche Phänomene hervorrufen mag; zum Theil hängt es von individuellen Eigenthümlichkeiten ab; auch beim Quellen und Keimen anderer Sporen und Samen zeigen sich ausserordentliche Verschiedenheiten in der erforderlichen Zeitdauer[2]). Je länger jedoch das Kochen fortgesetzt wird, desto weniger *Bacillus*sporen bleiben keimfähig, desto unsicherer und zufälliger werden die Ergebnisse; schliesslich, bei Erhitzen über 100° schneller, werden alle Sporen getödtet und die Flüssigkeit ist dann vollkommen sterilisirt Sobald aber auch nur einige Sporen zur Keimung gelangen, so gehen aus ihnen bewegliche Stäbchen hervor, die sich durch Quertheilung rasch vermehren; sind ihrer am ersten Tage auch nur so wenig, dass sie dem blossen Auge sich nicht bemerklich machen, so haben sie sich am zweiten Tage schon so stark vermehrt, um eine häutige Schicht an der Oberfläche zu bilden, und in lange unbewegliche Fäden auszuwachsen; schon am dritten Tage beginnt die Erzeugung der Sporen; ist diese vollendet, so gehen die Fäden zu Grunde, die Sporen werden frei und können die Infection weiter verbreiten.

III. **In allen Fällen, wo immer in gekochten organischen Stoffen sich Organismen entwickeln, habe ich bisher einzig und allein sporenerzeugende *Bacillen* gefunden.** Dass in den Bastian'schen Rüben-Käsedecocten es nicht der Rübenaufguss, sondern die im Käse eingeschlossenen Dauersporen der

[1]) Nach Pasteur können trockene *Penicillium*sporen auf 121°, nach Manassein auf 140—150° erhitzt werden, ohne Keimfähigkeit zu verlieren. Eine weit geringere Latitude (70—80°) zeigen die Angaben von Tarnowski (Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl. p. 699); doch ist mir die Methode, durch welche dieselben gewonnen sind, nicht bekannt.

[2]) Bei den Untersuchungen über Keimfähigkeit werden die Samen vorher in destillirtem, von Zeit zu Zeit erneutem Wasser bei einer Temperatur von 18—21° gequellt; Nobbe fand u. a. bei einem Versuch mit *Trifolium pratense*, dass von 1000 Samen 927 nach einem Tage, 8 nach 3, 9 nach 5, 4 nach 9, 13 nach 10—19, 6 nach 21—26, 7 nach 31—36, 3 nach 43—48, 3 nach 52—59, 3 nach 91, 4 nach 147 und 3 nach 156 Tagen quollen (Nobbe, Handbuch der Samenkunde 1876 p. 112). Bei den Prüfungen in den Samencontrollstationen werden die innerhalb 10 Tagen gekeimten Samen der *Papilionaceen* gezählt, von den ungequollen gebliebenen noch ein Drittel dem Keimungsprocentsatz hinzu addirt, weil erfahrungsmässig noch eine entsprechende Zahl dieser Samen nachträglich keimt (Eidam, Landw. Versuchsstationen XVIII.)

Labbacillen seien, welche der Kochhitze so lange widerstehen, habe ich bereits im vorigen Jahre wahrscheinlich gemacht[1]). Dass in gekochten Erbsen und Lupinen sich nicht *Bacterium Termo*, sondern *Bacillus subtilis* vermehrt und zu *Leptothrix*fäden und dichten Haufengewirren entwickelt, bemerkte ich schon im Jahre 1872 in meiner ersten Abhandlung über Bacterien[2]). Zu dem nämlichen Resultate führten auch die von Eidam angestellten Versuche mit Erbsen und Hühnereiweiss, welche 14 Tage einer Temperatur von 44—46° ausgesetzt worden waren[3]). Indem ich meine Tagebücher vergleiche, finde ich, dass ich bei allen diesen Versuchen auch stets die oblongen, stark lichtbrechenden Sporen sich massenhaft habe entwickeln sehen, von denen mir früher nur entgangen war, dass sie in den *Bacillus (Leptothrix)* fäden entstehen. Auch in den hermetisch verschlossenen Blechbüchsen aus Frauenfeld, in denen gekochte Erbsen verdorben waren, hatte ich ausschliesslich *Bacillen* beobachtet.

Wenn andere Bacterien und sonstige Fermentorganismen (*Zymophyten)* beim Erhitzen nicht das nämliche Verhalten zeigen, wie die *Bacillen,* so liegt der Grund darin, dass, so viel wir bis jetzt wissen, einzig und allein bei den *Bacillen* Sporenbildung vorkommt.

Der scheinbaren Stütze, welche die Erscheinungen bei den gekochten Heuaufgüssen der Hypothese der Urzeugung gewähren, wird durch diese Beobachtungen jeder Halt entzogen.

IV. Nach Analogie der Beobachtungen an anderen Organismen musste vermuthet werden, dass bereits Temperaturen unter 100° ausreichen würden, um die Entwickelung der *Bacillen* in Heuaufgüssen zu verhindern, wenn die Wärme nur lange genug einwirken könne. Um hierüber zu experimenteller Entscheidung zu gelangen, wurden im Laufe des Juli c. unter freundlicher Assistenz des Herrn Dr. Eidam in unserem Institut eine grosse Zahl von Versuchen angestellt, welche, obwohl sie noch nicht abgeschlossen werden konnten, dennoch ein interessantes Verhalten der *Heubacillen* gegen höhere Temperaturen unter 100° bereits erkennen liessen.

Von gewöhnlichem saurem Heuaufguss wurden je 10 Gramm in Reagenzcylinder gebracht, die vorher in einen engen Hals ausgezogen, und nachdem sie gefüllt, derart zugeschmolzen wurden, dass eine ausreichende Luftmenge mit eingeschlossen ward; hierauf wurden die

[1]) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 3 p. 196. 1875.
[2]) Beiträge Band I. Heft 2 p. 218.
[3]) l. c. Band I. Heft 3 p. 216.
[4]) l. c. Band I. Heft 3 p. 200.

Gläschen in einen Kessel untergetaucht, dessen Wasser auf den gewünschten Wärmegrad erhitzt war, um ihnen in kurzer Zeit die für jeden Versuch erforderliche Temperatur mitzutheilen. Eine Anzahl so präparirter Gläschen wurde in eine grosse Glasschüssel gestellt und mit Watte umgeben, sodann die Schüssel in den Heizraum eines unserer Wärmkasten gebracht, dessen Temperatur durch eine vermittelst des Bunsen'schen Regulators regulirbare Gasflamme Tagelang nahezu auf constanter Höhe erhalten werden konnte; mehrere Thermometer, welche theils in verschiedener Höhe im Heizraum angebracht, theils direct in eines der Versuchsgläser eingeführt waren, gestatteten die Controle der erzielten Temperatur. Eine absolute Genauigkeit war allerdings nicht zu erlangen, weil die Temperatur des Heizraumes am Boden und am Deckel um ein Paar Grade differirte. Alle Stunden wurden in der Regel je 2 Gläser aus dem Heizraum heraus genommen, endlich sämmtliche Gläser neben einander auf ein geeignetes Stativ gestellt und in einem zweiten Wärmkasten bei 25—30° ihrer weiteren Entwickelung überlassen. Ein Uebelstand, der bei diesen Versuchen sich herausstellte, dass nämlich bei längerem Erwärmen aus den Heuaufgüssen ein schwarzbrauner Stoff sich in klumpigen Flöckchen absetzte und auch auf der Oberfläche der Flüssigkeit ein harziges Häutchen sich bildete, erschwerte zwar die makroskopische Beobachtung, konnte jedoch kaum zur Verwechselung mit den charakteristischen weissen *Bacillen*membranen verleiten; die mikroskopische Untersuchung, die in allen zweifelhaften Fällen vorgenommen wurde, gab ohne Weiteres entscheidende Aufklärung.

1. Zuerst wurde die Temperatur im Heizkasten auf 47—50° gebracht und mehrere Reagenzcylinder, deren Heuaufguss durch Zufügung eines *Bacillen*tropfens inficirt war, hineingesetzt; schon nach 24 Stunden hatten sich an der Oberfläche der Aufgüsse dicke *Bacillen*membranen gebildet; andere *Schizophyten* dagegen kamen nicht zur Entwickelung.

2. Die Temperatur im Heizkasten wurde auf 57—60° gebracht, und 34 Reagenzcylinder darin 2—17 Stunden lang belassen; der Heuaufguss war nicht absichtlich inficirt worden; am folgenden Tage war alles unverändert, am zweiten hatten bereits 20 Gläser, die 2 bis 16 Stunden lang erwärmt waren, sich getrübt und ein *Bacillus*häutchen gebildet; am dritten Tage waren noch 4, am vierten noch 2, bis zum zehnten noch 6 Gläser von *Bacillen* getrübt, nur je eines der 11, 15 und 17 Stunden lang erwärmten Gläser war unverändert geblieben.

Bei einer Wiederholung dieses Versuchs zeigten sämmtliche

Gläser, die 1—11 Stunden lang in einer Temperatur von 57—60° verweilt hatten, zwei Tage später *Bacillen*bildung.

3. Mehrere absichtlich inficirte, sodann zugeschmolzene oder mit Baumwolle verstopfte Gläser wurden 24—72 Stunden lang im Heizraum bei 53—55 und bei 57—60° belassen; in keinem dieser Gläser entwickelten sich *Bacillen* während der Exposition in der höheren Temperatur; in den nach 24 Stunden herausgenommenen und sodann bei 25—30° aufgestellten Gläsern bildete sich die *Bacillen*haut zwei Tage später.

4. 20 Gläschen wurden 2—15 Stunden lang auf 67—70° erhitzt, zwei Tage später hatten 16, darunter auch die am längsten erwärmten eine *Bacillen*haut bekommen; vier (je eines der 6, 10, 12, 14 Stunden exponirten) waren sterilisirt.

5. 42 Gläschen wurden 2—26 Stunden auf 77—80° erhitzt, zwei Tage später hatte sich in 31 Gläsern die *Bacillen*haut gebildet, und zwar auch in den 24—26 Stunden lang exponirten; 11 Gläser (10, 16, 18, 20, 22, 23, 25 Stunden erhitzt) schienen nicht verändert, doch trat nachträglich noch in sieben derselben *Bacillen*bildung ein, nur drei (22, 23, 25 Stunden exponirt) waren sterilisirt.

6. Um die Einwirkung nach längerer Erhitzung zu ermitteln, wurden 24 Gläschen einer Temperatur von 72—75° ausgesetzt; die ersten drei nach 12, die folgenden drei nach 24, die nächsten drei nach 36 Stunden u. s. f., die letzten drei nach 96 Stunden herausgenommen. Die 12 Stunden lang exponirten zeigten zwei Tage später das *Bacillus*häutchen; von den 24 Stunden exponirten hatte eines am dritten Tage ein Hautchen gebildet, die beiden anderen zeigten eine geringe Trübung, bildeten aber kein Häutchen; in einzelnen der 36 und 48 Stunden erhitzten zeigten sich *Bacillen* am vierten Tage, in einem 60 Stunden erwärmten erschien am sechsten, in einem 84 Stunden erwärmten am siebenten, und in einem der 96 Stunden erhitzten noch am neunten Tage ein Anflug von *Bacillen*.

7. Eine Anzahl zugeschmolzener Reagenzgläser, welche 72 bis 91 Stunden der Temperatur von 70—75° ausgesetzt gewesen waren und in denen sich nichts Lebendes entwickelt hatte, wurden durch Aufbrechen des Halses geöffnet und mit Hülfe einer vorher ausgeglühten Stahlnadel, ein jedes mit einem Tropfen schwärmender Heu-*Bacillen*, die eben im Begriff standen, Sporen zu bilden, inficirt.

Die eine Hälfte dieser Gläser wurde in den Wärmkasten bei 25—30° gebracht; nach 17 Stunden hatten sich die *Bacillen* stark vermehrt, waren in lange Fäden ausgewachsen, theils in schwärmen-

der Bewegung, theils zu einem schwimmenden Häutchen parallel aneinandergelagert, welches Tags darauf in Sporenbildung überging; es war also der Heuaufguss noch geeignet *Bacillen* zu entwickeln.

Die andere Hälfte der inficirten Gläschen dagegen wurde in den Heizraum zurückgestellt und in diesem bei ca. 75° noch 24 Stunden belassen, die Flüssigkeit war vollkommen klar geblieben; unter dem Mikroskop zeigte sich, dass die zugesetzten *Bacillen* unbeweglich geworden, mit der harzigen Abscheidung inkrustirt und in Zersetzung übergegangen waren; einige Sporen mussten jedoch keimfähig geblieben sein, denn drei Tage später hatte sich bei einer Temperatur von 25—30° ein *Bacillen*häutchen gebildet.

Aehnliche Versuche mit Reagenzcylindern, die nicht zugeschmolzen sondern mit Baumwolle verstopft waren, gaben ähnliche Resultate. Aus alledem lassen sich, wie ich glaube, folgende Schlussfolgerungen über das Verhalten der Heu*bacillen* bei höheren Temperaturen unter 100° entnehmen:

a. Bei einer Temperatur von 47—50° vermehren sich die Bacillen noch lebhaft und gelangen in normaler Weise zur Haut- und Sporenbildung, während die übrigen, im Heuaufguss vorhandenen *Schizophyten* bereits bei dieser Temperatur zur Fortentwickelung unfähig werden (Versuch 1.).

b. Bei einer Temperatur zwischen 50 und 55° hört alle Vermehrung und Entwickelung der *Bacillen* auf, sie bilden bei dieser Temperatur weder Häute noch Sporen, die schwärmenden und die wachsenden Fäden werden getödtet, die Sporen dagegen behalten längere Zeit (mindestens 17 Stunden) ihre Keimfähigkeit (Versuch 2., 3.).

c. Während gewöhnlich die Heuaufgüsse schon nach 24 Stunden langem Verweilen in einer Temperatur von 60° und darüber sterilisirt werden, scheinen einzelne *Bacillus*sporen sogar drei- bis viertägige Erwärmung auf 70—80° zu überdauern, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen (Versuch 4—6.).

Eine genauere Feststellung der Temperaturgrenzen, in denen sich die Entwickelung der *Bacillen* bewegt, behalte ich späteren Untersuchungen, die sich auf exactere Methoden stützen sollen, vor.

V. Auch in ungekochten Flüssigkeiten entwickeln sich *Bacillen;* im ungekochten Heuaufguss erscheinen sie gleichzeitig mit *Bacterium Termo* und gelangen meist auch zur Fadenbildung, werden aber von ihren lebenskräftigeren Mitbewerbern bald unter-

drückt, während im stark erhitzten Substrat ihre Sporen allein lebensfähig bleiben und daher ausschliesslich zur Entwickelung gelangen [1]). Wie häufig sich *Bacillen* in den serösen Flüssigkeiten thierischer Gewebe entwickeln und zur Sporenbildung gelangen, kann aus den Darstellungen und Abbildungen von Billroth entnommen werden. Wir halten es für wahrscheinlich, dass auch die vielen, in pathologischen Bildungen beobachteten *Leptothrix*formen in den Entwickelungskreis unserer Gattung *Bacillus* gehören, wenn auch der genetische Zusammenhang noch dunkel ist. Insbesondere bedarf der Aufklärung noch die wegen ihres scheinbar normalen Auftretens in Mund und Rachenhöhle so räthselhafte *Leptothrix buccalis* Robin, deren steife Fadenbündel ganz so aussehen, als seien sie unbeweglich gewordene Entwickelungszustände eines *Bacillus*. Dass sich auch im Magen der Rinder *Bacillen*- und *Leptothrix*fäden normal entwickeln, habe ich schon früher als wahrscheinlich hingestellt [2]).

VI. **Ueber die Physiologie der *Bacillen*, namentlich über ihre Fermentwirkungen, fehlt es noch an ausreichenden Untersuchungen**, insbesondere vom chemischen Gesichtspunkte. Unsere Beobachtungen an den *Bacillen* der Heuaufgüsse haben gezeigt, dass die besonders üppige Vermehrung derselben, das Auswachsen in lange Fäden und die Sporenbildung ausschliesslich an der Oberfläche der Nährflüssigkeit, also offenbar unter Einfluss der Luft stattfindet. In allen unseren Versuchen mit zugeschmolzenen und daher mit einer beschränkten Luftmenge versehenen Kölbchen, deren Zahl weit über 100 betrug, entwickelte sich auf der Oberfläche der gekochten Heuaufgüsse zwar immer das aus ruhenden *Bacillus*fäden in parallelen Reihen oder Schleimbündeln gebildete Häutchen; aber es blieb stets äusserst dünn, zart, fettig; **nur sehr selten begann die Sporenbildung**. Wenn in einigen dieser Kölbchen dicke, staubige, weisse oder gelbe Häute gefunden wurden, so ergab sich ausnahmslos, dass der zugeschmolzene Hals durch Zufall wieder aufgebrochen war, wenn auch nur in eine feine Oeffnung, und in allen diesen Fällen hatten

---

[1]) In ähnlicher Weise werden die chromogenen *Micrococcen* auf Kartoffeln u. s. w. durch *Bact. Termo* unterdrückt (Beiträge I. 2. p. 113. 150). Auf ein solches Ueberwuchern der *Bacillen* durch *Bacterium Termo* sind vermuthlich die mir sonst unverständlichen Angaben von Pasteur zurückzuführen, welcher die Fäulniss durch die Mitwirkung von zweierlei Organismen, von Thieren (Bacterien), die des Sauerstoffs bedürfen, und von Pflanzen, Vibrionen (wahrscheinlich Bacillen), die durch Sauerstoff angeblich getödtet werden, zu erklären versucht hat. Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris 1861 LII. 211. 344.

[2]) Beiträge Band I. Heft 3. p. 194.

sich Sporen massenhaft gebildet. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die vollkommene Entwickelung der *Bacillen* und insbesondere ihre Fortpflanzung durch Sporen nur bei ungehindertem Luftzutritt eintritt. Aber gerade bei den der Luft frei ausgesetzten und von reicher *Bacillus*haut bedeckten Aufgüssen findet keine auffallende Fermentation statt; dieselben blieben, nachdem sie sich kurze Zeit getrübt, später völlig unverändert. Auf der andern Seite wissen wir, dass in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen mit Conserven, in welchen durch stundenlanges Kochen alle oder doch der bei weitem grösste Theil der Luft ausgetrieben sein muss, sich mitunter *Bacillen* entwickeln, ohne sich jedoch besonders reichlich zu vermehren, gleichwohl aber eine äusserst energische Fermentation veranlassen, in Folge deren sich Gas unter mächtigem Druck entwickelt. In den am Anfang dieser Abhandlung erwähnten, aus Frauenfeld, Canton Thurgau, bezogenen Blechbüchsen mit verdorbenen Erbsen waren durch die Spannung des Gases die Deckel convex nach aussen gewölbt, und als einer der Steuerbeamten bei Ankunft der Sendung aus der Schweiz seiner Pflicht durch Anbohren eines Deckels glaubte Genüge leisten zu müssen, wurde der flüssige Inhalt der Büchse im Nu explosionsartig nach Aussen geschleudert. Aehnliche Explosionen habe ich schon 1872 bei der Gährung gekochter Lupinen in zugeschmolzenen Glaskölbchen erwähnt[1]).

Ich vermuthe, dass unter solchen Umständen Buttersäuregährung eintritt und dass die *Bacillen* die Erreger derselben sind; denn bei sonst gleichen Verhältnissen unterbleibt in den Conserven die Gährung, wenn keine *Bacillen* sich entwickeln, und umgekehrt[2]). Hiernach geht die Fermentwirkung der *Bacillen* in luftfreiem Raume mit besonderer Intensität vor sich, während intensives Wachsthum und Sporenbildung an den ungehinderten Zutritt der Luft gebunden ist. Ich verzichte darauf, die nahe liegende Parallele zwischen diesen und den Beobachtungen über das Verhalten des Alcohol-Hefepilzes auszuführen, weil eben die chemische Seite der Fermentthätigkeit der *Bacillen* mir nicht genügend durchgearbeitet scheint[3]).

Eigentliche Fäulniss, welche erst mit der völligen Zerstörung der faulenden Substanz abschliesst, tritt in gekochten Substanzen und Aufgüssen niemals ein, wenn nicht nachträgliche Infection mit dem

---

1) Beiträge Band I. Heft 2 p. 218.
2) Vergl. auch Pasteur, Compt. rend. 1861. LII. 344.
3) Vergl. Jahresbericht der Schles. Gesellschaft 1873, Botan. Section p. 117.

Ferment der Fäulniss, *Bacterium Termo*[1]), stattfindet; bei Heuaufgüssen genügt Erwarmung auf 50°, um diese Veränderungen durch *B. Termo*, nicht aber die durch *Bacillus* zu verhindern. Unsere Untersuchungen geben neue Stütze dem Satze, den ich als den Angelpunkt für die wissenschaftliche Erkenntniss der Bacterien und ihrer chemischen und pathogenen Fermentwirkungen überhaupt betrachte, dass es ganz verschiedene Gattungen[2]) dieser Organismen giebt, welche immer nur aus Keimen gleicher Art hervorgehen und durch verschiedene Entwickelung, verschiedene biologische Bedingungen und Fermentthätigkeiten sich scharf und constant unterscheiden. Als zwei solche völlig distincte Gattungen haben wir insbesondere *Bacterium Termo* und die *Bacillen* nachgewiesen, welche höchstens in ihren ersten Entwickelungszuständen verwechselt werden können, etwa wie die Zoosporen und Keimlinge einer *Chaetophora*, einer *Cladophora*, einer *Ulothrix* u. a. verwechselt werden können, die aber durch ihre gesammte Entwickelungsgeschichte, durch ihr Verhalten gegen höhere Temperaturen und andere Lebensbedingungen, sowie durch ihre Fermentwirkung sich durchaus verschieden erweisen.

VII. Unter den bisher beobachteten *Bacillen* nehmen die im Blut milzbrandkranker Thiere und Menschen sich in unendlicher Menge entwickelnden insofern eine besondere verhängnissvolle Stellung ein, als ihre pathogene Bedeutung ausser allem Zweifel

[1]) Nicht Infusorien, Vibrionen oder Bacterien schlechthin, wie man früher sagte, sondern eine von den übrigen Bacterien distincte Art, *Bacterium Termo*, ist, wie ich schon im Jahre 1872 ausgesprochen (Beiträge Band 1 Heft 2 p. 169, 203) das Ferment der Fäulniss in dem nämlichen Sinne, in dem *Saccharomyces* als Ferment der Alkoholgährung bezeichnet wird. Wer noch heut die Fäulniss von einer spontanen Dissociation der Proteinmolecule, oder von einem unorganisirten Ferment ableitet, oder gar aus „Stickstoffsplittern" die Balken zur Stütze seiner Fäulnisstheorie zu zimmern versucht, hat zuerst den Satz „Keine Fäulniss ohne *Bacterium Termo*" zu widerlegen. Da auch in Wasser unlösliche Albuminate, z. B. hartgekochtes Hühnereiweiss, durch die Fäulnissbacterien zerstört werden, so ist anzunehmen, dass diese Bacterien zunächst ein flüssiges Secret ausscheiden, welches, ähnlich dem Pepsin, auch feste stickstoffhaltige Verbindungen zu verflüssigen und zu spalten vermag, dass ein Theil dieser Spaltungsproducte, und zwar Ammoniakverbindungen, zur Ernährung und Vermehrung der Bacterien verwerthet werden, habe ich schon früher (Band 1 Heft 2 p. 210) wahrscheinlich zu machen gesucht.

[2]) Meine Gattungen *Micrococcus*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Spirillum*, *Spirochaete*, halte ich für natürlich, während ich die von mir aufgestellten Arten dieser Gattungen nur als provisorisch ansehe.

steht. Im Jahre 1875 habe ich darauf aufmerksam gemacht, da die *Bacillen* sich in der Regel durch Dauersporen fortpflanzen, dass auch bei den Stäbchen des Milzbrandes solche zu erwarten, und dass in diesen die Keime der Infection in scheinbar stäbchenfreiem Blute zu vermuthen seien[1]). Zu meiner grossen Freude erhielt ich von Dr. Koch in Wollstein eine briefliche Anzeige vom 22. April c., dass derselbe sich längere Zeit mit der Untersuchung des Milzbrandcontagiums beschäftigt habe, und dass es ihm endlich gelungen sei, den vollständigen Entwickelungsgang des *Bacillus Anthracis* aufzufinden; er sprach seine Bereitwilligkeit aus, im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut die nothwendigsten Experimente unter meinen Augen anzustellen und mein Urtheil über den Befund einzuholen. In Folge dessen hielt sich Herr Dr. Koch vom 30. April bis 3. Mai in Breslau auf und machte in unserem Institute durch Einimpfen mitgebrachten Milzbrandmaterials auf lebende Frösche, Mäuse und Kaninchen eine Reihe von Experimenten, welche mir Gelegenheit boten, mich von der vollen Richtigkeit seiner Entdeckungen über die Entwickelung der Milzbrandbacillen zu überzeugen; auch die Herren DrDr. Auerbach, Cohnheim, Eidam, Lichtheim, M. Traube, C. Weigert haben diesen Versuchen und Demonstrationen beigewohnt. Indem ich es Herrn Dr. Koch überlasse, über seine durch sinnreiche Methoden gewonnenen Resultate in seiner am Schluss dieses Aufsatzes aufgenommenen Abhandlung selbst zu berichten, und die hochwichtigen Schlussfolgerungen, welche sich aus seinen Untersuchungen über die Natur und Verbreitung des Milzbrandcontagiums ergeben, selbst vorzutragen, bemerke ich hier nur, dass die Entwickelungsgeschichte der Milzbrandbacillen ganz und gar mit der für die Bacillen der Heuaufgüsse ermittelten übereinstimmt. Zwar fehlt den Milzbrandbacillen das bewegliche Stadium, im Uebrigen aber ist ihre Aehnlichkeit mit den Heubacillen eine so vollständige, dass ich die Zeichnungen von Koch ohne Weiteres zur Erläuterung der von mir beobachteten Zustände herbeiziehen konnte, sowie umgekehrt einzelne meiner Zeichnungen zur Illustration der Milzbrandstäbchen dienen können. Für Diejenigen, denen die Autopsie dieser merkwürdigen Verhältnisse abgeht, bemerke ich ausdrücklich, dass von einer Unsicherheit der Koch'schen Untersuchungen in Folge etwaiger Verwechselungen oder Verunreinigungen absolut nicht die Rede sein kann. Es liegt hier einer jener Fälle vor, deren die Lehre von den Bacterien mehrere

---

[1]) Beiträge Band I. Heft 3 p. 200.

aufzuführen hat, dass eine und die nämliche Bacterienform oder vielmehr zwei unter dem Mikroskop nicht sicher zu unterscheidende Arten, die eine im menschlichen Organismus als constanter Begleiter specifischer pathologischer Zustände, ohne Zweifel als Träger des Contagiums, die andere ausserhalb des Organismus in indifferenten Medien und ohne bekannte oder mit ganz verschiedenartiger Fermentwirkung auftritt. Ob die Zukunft einen genetischen Zusammenhang zwischen den *Bacillen* des Heu's und des Milzbrandes, zwischen der *Spirochaete* des Sumpfwassers und des *Recurrens*, zwischen den *Micrococcus*colonieen verdorbener Trinkbrunnen oder gährender Speisen und des Typhus oder der Diphtheritis u. s. w. wird erkennen lassen, oder ob es sich hier um äusserlich ähnliche aber specifisch verschiedene Arten oder Rassen handelt, das zu entscheiden mag der Weiterentwickelung der Wissenschaft anheimgestellt werden, welche seit der verhältnissmässig kurzen Zeit, wo diese Fragen ernstlich und mit exacter Methode in Angriff genommen werden, schon so viele wichtige Thatsachen auf diesem Gebiet ans Licht gebracht hat.

Breslau, Juli 1876.

Untersuchungen über Bacterien.

V.

Die Aetiologie der Milzbrand-Krankheit, begründet auf die Entwicklungsgeschichte des Bacillus Anthracis.

Von

Dr. Koch,

Kreisphysikus in Wollstein.

Hierzu Tafel XI.

I. *Einleitung*. Seit dem Auffinden der stäbchenförmigen Körper im Blute der an Milzbrand gestorbenen Thiere hat man sich vielfach Mühe gegeben, dieselben als die Ursache für die direkte Uebertragbarkeit dieser Krankheit ebenso wie für das sporadische Auftreten derselben, also als das eigentliche Contagium des Milzbrands nachzuweisen. In neuerer Zeit hatte sich hauptsächlich Davaine mit dieser Aufgabe beschäftigt und gestützt auf zahlreiche Impfversuche mit frischem oder getrocknetem stäbchenhaltigen Blute, mit aller Entschiedenheit dahin ausgesprochen, dass die Stäbchen Bacterien seien und nur beim Vorhandensein dieser Bacterien das Milzbrandblut die Krankheit von Neuem zu erzeugen vermöge. Die ohne nachweisbare direkte Uebertragung entstandenen Milzbranderkrankungen bei Menschen und Thieren führte er auf die Verschleppung der, wie er entdeckt hatte, im getrockneten Zustande lange Zeit lebensfähig bleibenden Bacterien durch Luftströmungen, Insekten und dergl. zurück. Die Verbreitungsweise des Milzbrandes schien hiermit vollständig klar gelegt zu sein.

Dennoch fanden diese von Davaine aufgestellten Sätze von verschiedenen Seiten Widerspruch. Einige Forscher wollten nach Impfung mit bacterienhaltigem Blute tödlichen Milzbrand erzielt

haben, ohne dass sich nachher Bacterien im Blute fanden, und umgekehrt liess sich wieder durch Impfung mit diesem bacterienfreien Blute Milzbrand hervorrufen, bei welchem Bacterien im Blute vorhanden waren. Andere machten darauf aufmerksam, dass der Milzbrand nicht allein von einem Contagium abhänge, welches oberhalb der Erde verbreitet werde, sondern dass diese Krankheit in einem unzweifelhaften Zusammenhange mit Bodenverhältnissen stehe. Wie würde sonst zu erklären sein, dass das endemische Vorkommen des Milzbrandes an feuchten Boden, also namentlich an Flussthäler, Sumpfdistrikte, Umgebungen von Seen gebunden ist; dass ferner die Zahl der Milzbrandfälle in nassen Jahren bedeutender ist und sich hauptsächlich auf die Monate August und September, in welchen die Curve der Bodenwärme ihren Gipfelpunkt erreicht, zusammendrängt, dass in den Milzbranddistricten, sobald die Heerden an bestimmte Weiden und Tränken geführt werden, jedesmal eine grössere Anzahl von Erkrankungen unter den Thieren eintritt.

Diese Verhältnisse sind allerdings durch die Annahme Davaine's nicht zu erklären und das Ungenügende derselben hat zur Folge gehabt, dass von Vielen die Bedeutung der Bacterien für den Milzbrand ganz geleugnet ist.

Da ich einige Male Gelegenheit hatte, Thiere, welche an Milzbrand gefallen waren, zu untersuchen, so benutzte ich diese zu einer Reihe von Versuchen, welche zur Aufklärung der eben angedeuteten dunklen Punkte in der Milzbrandätiologie beitragen sollten. Hierbei kam ich sehr bald zu der Ueberzeugung, dass die Davaine'sche Theorie über die Verbreitungsweise des Milzbrandes nur zum Theil richtig ist.

Es zeigte sich nämlich, dass die Stäbchen des Milzbrandblutes bei Weitem nicht so resistent sind, als Davaine seinen Versuchen entnehmen zu müssen glaubte. Wie ich später nachweisen werde, bewahrt das Blut, welches nur Stäbchen enthält, seine Impffähigkeit im getrockneten Zustande nur wenige Wochen und im feuchten nur einige Tage. Wie sollten also so leicht vergängliche Organismen das oft während des ganzen Winters und im feuchten Boden vielleicht Jahrelang schlummernde Contagium des Milzbrandes bilden? Hier blieb, wenn die Bacterien wirklich die Ursache des Milzbrandes abgeben, nichts anderes übrig als anzunehmen, dass sie durch einen Generationswechsel in einen anderen gegen abwechselndes Eintrocknen und Anfeuchten unempfindlichen Zustand übergehen können, oder, was weit mehr Wahrscheinlichkeit hat und was von Prof. Cohn schon im zweiten Hefte, Band I. dieser Beiträge p. 145, angedeutet wurde,

dass die Bacterien Sporen bilden, welche die Fähigkeit besitzen, nach längerem oder kürzerem Ruhezustande von Neuem zu Bacterien auszuwachsen.

Alle meine weiteren Versuche gingen nun dahin, diesen vermutheten Entwicklungszustand der Milzbrandbacterien aufzufinden. Nach manchen vergeblichen Bemühungen gelang es denn auch schliesslich dieses Ziel zu erreichen und damit die wahre Milzbrandätiologie in ihren Grundzügen festzustellen.

Da die Entwicklungsgeschichte der Milzbrandbacterien nicht nur botanisches Interesse bietet, sondern auch manches Licht auf die bis jetzt so dunkle Aetiologie der vom Boden abhängigen Infectionskrankheiten zu werfen im Stande ist, so habe ich es jetzt schon, obwohl meine Versuche noch nicht abgeschlossen sind, unternommen, die wichtigsten Resultate derselben zu veröffentlichen.

II. *Entwicklungsgeschichte des Bacillus Anthracis.* Die Milzbrandbacterien gehören nach Prof. F. Cohn's System der *Schizophyten*[1]) zur Gattung *Bacillus* und sind mit dem speciellen Namen *Bacillus Anthracis* belegt, dessen ich mich im Folgenden statt des viel umfassenden Ausdrucks Bacterien bedienen werde.

1. Im Blute und in den Gewebssäften des lebenden Thieres vermehren sich die Bacillen ausserordentlich schnell in derselben Weise, wie es bei verschiedenen andern Arten Bacterien beobachtet ist, nämlich durch Verlängerung und fortwährende Quertheilung.

Es ist mir allerdings nicht gelungen, diesen Vorgang direct zu sehen; derselbe lässt sich aber aus den schon häufig vorgenommenen und von mir in folgender Weise wiederholten Impfversuchen schliessen. Als sehr bequemes und leicht zu habendes Impfobjekt benutzte ich meistens Mäuse. Anfangs impfte ich dieselben an den Ohren oder in der Mitte des Schwanzes, fand aber diese Methode unsicher, da die Thiere durch Reiben und Lecken das Impfmaterial entfernen können; später wählte ich als Impfstelle den Rücken der Schwanzwurzel, wo die Haut schon verschiebbar und mit langen Haaren bedeckt ist. Die in einem verdeckten grossen Glase sitzende Maus wird zu diesem Zwecke mit einer langen Pincette am Schwanze gefasst und letzterer aus einer schmalen Spalte zwischen Deckel und Glasrand so weit hervorgezogen, dass bequem ein flacher querverlaufender Einschnitt in die Haut des Schwanzwurzelrückens gemacht und ein möglichst kleines Tröpfchen der bacillenhaltigen Flüssigkeit

[1]) Band I. Heft 3 dieser Beiträge p. 202.

in die kleine Wunde gebracht werden kann. In dieser Weise ausgeführte Impfungen, welche ich in grosser Zahl gemacht habe, hatten ausnahmslos ein positives Resultat, sobald ganz frische Milzbrand-Substanzen angewandt wurden; und ich glaube deswegen eine derartige Impfung, je nach ihrem Erfolg, als ein sicheres Reagens auf das Leben oder Abgestorbensein der Bacillen ansehen zu können: eine Ansicht, welche durch andere, später zu erwähnende Versuche als richtig erwiesen wird.

Theils nun, um immer mit frischem Material versehen zu sein, theils aber auch um zu prüfen, ob nicht nach einer bestimmten Zahl von Generationen die Bacillen in eine andere Form übergehen, wurden mehrere Male Mäuse in aufeinanderfolgender Reihe geimpft, so dass ohne Unterbrechung die folgende Maus immer mit der Milzsubstanz der kurz vorher an Milzbrand gestorbenen inficirt wurde. Die längste dieser Reihen betrug zwanzig Mäuse, so dass also eben so viele Bacillengenerationen vorlagen; aber bei sämmtlichen Thieren ergab sich derselbe Befund; immer war die Milz erheblich geschwollen und mit zahllosen Mengen von glashellen Stäbchen gefüllt, welche geringe Grössendifferenzen hatten, unbeweglich waren und keine Sporenbildung oder dergleichen zeigten. Dieselben Bacillen fanden sich auch, aber bei weitem nicht so zahlreich als in der Milz, im Blute. Bei diesem Versuche hatten sich also durch viele Generationen aus wenigen Bacillen immer wieder bedeutende Massen ebenso gestalteter Individuen derselben Art entwickelt und da man unter diesen neu entstandenen Bacillen viele mit einer beginnenden Quertheilung in ihrer Mitte, manche an dieser Stelle geknickte und noch andere unter einem Winkel lose zusammenhängende erblickt, so lässt sich wohl eine andere Weise ihrer Vermehrung als durch Verlängerung und Quertheilung, nachdem sie ungefähr die doppelte Länge erreicht haben, kaum annehmen. Es dürfte aber auch nach diesem Resultat schwerlich zu erwarten sein, dass durch noch längere Reihen von Impfungen eine Formveränderung der Bacillen erreicht werden, oder dass man schliesslich auf einen Generationswechsel derselben treffen könnte. Auch in dem der Impfstelle benachbarten serös infiltrirten Unterhautzellgewebe und in den nächsten Lymphdrüsen fand ich bei Kaninchen und Meerschweinchen nur kurze und in der Theilung begriffene Stäbchen.

Die Vertheilung der Bacillen im Körper der geimpften Thiere ist nicht immer gleichmässig. Bei Meerschweinchen enthielt das Blut ausserordentlich viele Bacillen, so dass ihre Zahl oft derjenigen der rothen Blutkörper gleichkam oder sie selbst übertraf; im Blute

der Kaninchen sind sie erheblich weniger zahlreich, oft so selten, dass man mehrere Gesichtsfelder durchmustern muss, ehe man einige findet; bei Mäusen enthält das Blut stets eine so geringe Zahl Bacillen, dass sie manchmal zu fehlen scheinen [1]). Dafür findet man bei Kaninchen die Bacillen um so reichlicher und sicherer in den Lymphdrüsen und in der Milz, und bei Mäusen in erstaunlicher Menge in der Milz. Einigemale habe ich die Marksubstanz der Tibia von Mäusen untersucht, aber nur vereinzelte Bacillen darin gefunden.

Auf weitere hierher gehörige Details über die Lagerung der Bacillen im Gewebe der Milz, in den Blutgefässen, über ihre Anhäufungen in den Capillaren und kleinen Venen und die dadurch bedingten lokalen Oedeme, Gefässzerreissungen und Blutaustritte vermag ich wegen des rein pathologischen Interesses dieser Verhältnisse hier nicht weiter einzugehen.

Ebenso würde es zu weit führen, die Frage nach der eigentlichen Todesursache der an Milzbrand sterbenden Thiere zu erörtern, ob dieselben durch die bei dem intensiven Wachsthum der Bacillen im Blute entwickelte Kohlensäure oder, was wohl wahrscheinlicher ist, durch giftig wirkende Spaltprodukte der von den Parasiten zu ihrer Ernährung verbrauchten Eiweisskörper getödtet werden.

2. Im Blute des todten Thieres oder in geeigneten andern Nährflüssigkeiten wachsen die Bacillen innerhalb gewisser Temperaturgrenzen und bei Luftzutritt zu ausserordentlich langen, unverzweigten *Leptothrix*-ähnlichen Fäden aus, unter Bildung zahlreicher Sporen.

Am einfachsten überzeugt man sich von der Richtigkeit dieses Satzes durch folgendes Experiment:

Auf den Objectträger wird ein Tropfen von möglichst frischem Rinderblutserum oder *Humor aqueus* von Rinderaugen gebracht, in diesen ein kleines Stückchen frische bacillenhaltige Milzsubstanz eingetragen und das Deckgläschen so darauf gelegt, dass die Bacillenmasse ungefähr in die Mitte des Präparats zu liegen kommt. Hierauf wird der Objectträger, um die Verdunstung der Flüssigkeit zu verhüten, sofort in einen feuchten Raum gebracht und mit diesem in den Brütkasten gestellt [2]).

[1]) Derartige Fälle haben wahrscheinlich, wenn nur das Blut der mit Milzbrand geimpften Thiere untersucht wurde, zur früher erwähnten Ansicht geführt, dass Milzbrand, ohne dass Bacillen im Blute sich finden, vorkomme und dass man durch Impfung mit bacillenfreiem Blute wieder Milzbrand erzeugen könne.

[2]) Als feuchten Raum benutzte ich flache mit nassem Sand gefüllte Teller; auf dem Sand lag eine Schicht Filtrirpapier und auf diesem die Präparate.

Der Wassergehalt der Luft in dem feuchten Raum muss so regulirt werden, dass die Flüssigkeit nicht unter dem Deckglase hervordringt und dass das Serum am Rande des Deckglases nicht eintrocknet. Im ersteren Falle werden die Bacillen unter dem Deckgläschen weggeschwemmt und entgehen der Beobachtung, im letzteren wird durch die trockne Randschicht des Serums die Luft von den Bacillen abgesperrt und jede weitere Entwickelung derselben damit verhindert.

Die so zubereiteten Präparate bleiben 15—20 Stunden im Brütapparat bei einer Temperatur von 35—37 °. Bei einer alsdann vorgenommenen Untersuchung finden sich in der Mitte des Präparats (Taf. XI. Fig. 1) zwischen den noch gut erhaltenen Zellen der Milzpulpa und den Blutkörperchen (a, b) noch viele unveränderte Bacillen, jedoch in geringerer Zahl als im frischem Präparate. Sobald man aber die Mitte des Präparates verlässt, trifft man auf Bacillen, welche um das 3—8fache verlängert sind und dabei einige leichte Knickungen und Krümmungen zeigen (Fig. 2). Je näher man nun dem Rande des Deckglases kommt, um so längere Fäden findet man, welche vielfach gewunden sind und schliesslich die hundert- und mehrfache Länge der ursprünglichen Bacillen erreichen (Fig. 3). Viele dieser langen Fäden haben ihre gleichmässige Struktur und ihr glashelles Aussehen verloren, ihr Inhalt ist fein granulirt und stellenweis treten in demselben kleine stärker lichtbrechende Körnchen in regelmässigen Abständen auf (Fig. 3a). In den dicht am Rande befindlichen Fäden, welche also in Bezug auf den Gasaustausch in der Nährflüssigkeit am günstigsten liegen, ist die Entwickelung am weitesten vorgeschritten; sie enthalten vollständig ausgebildete Sporen, welche in der Gestalt von etwas länglich runden,

Der Teller wurde mit einer Glasplatte bedeckt. Wenn die Sandschicht so hoch ist, dass der Abstand zwischen der Oberfläche der Präparate und der unteren Seite der Glasplatte ½ bis 1 Ctm beträgt, dann bleiben die Präparate genügend feucht. Der von mir angewandte Brütapparat, welcher sechs auf einander gestellte Teller mit Präparaten aufnehmen konnte, wurde in Ermangelung von Gas durch eine mit Cylinder versehene Petroleumlampe erwärmt. Allen, welche ohne Gas oder ohne Regulator derartige Versuche mit dem Brütapparat unternehmen wollen, kann ich diese Methode der Heizung nicht genug empfehlen. Da man mit einer kleinen Flamme einen grossen Apparat genügend erwärmen kann, so ist bei einem einigermassen grossen Petroleumreservoir der Lampe nur nöthig, dieselbe ungefähr täglich einmal zu füllen und die Höhe der Flamme für die gewünschte Temperatur richtig auszuprobiren, um ohne besondere Mühe oder Aufsicht fortwährend eine kaum um 1—2° schwankende Temperatur zu haben.

stark lichtbrechenden Körpern in ganz regelmässigen kurzen Abständen der Substanz der Fäden eingelagert sind (Fig. 4a). In dieser Form gewähren die Fäden, namentlich wenn sie in vielfach verschlungenen und um einander gewundenen Linien gruppirt sind, einen überraschenden Anblick, der sich am besten mit demjenigen höchst zierlicher, künstlich angeordneter Perlschnüre vergleichen lässt.

Manche Fäden sind auch schon in der Auflösung begriffen und ihre frühere Gestalt nur noch durch die reihenförmige Lagerung der von einer schleimigen Bindesubstanz zusammen gehaltenen Sporen angedeutet. Dazwischen liegen dann bisweilen einzelne freie und kleine Häufchen zusammen geballter Sporen (Fig. 4b). In einem einzigen solchen gut gelungenen Präparate sind also alle Uebergänge von dem kurzen Bacillusstäbchen bis zu langen sporenhaltigen Fäden und freien Sporen vertreten und es könnte damit schon der Beweis dafür gebracht sein, dass letztere aus ersteren hervorgegangen sind. Trotzdem ich anfangs diesen Versuch mehrfach wiederholte und immer wieder zu demselben Resultate kam, stiegen mir doch verschiedene Bedenken gegen die Richtigkeit dieser Annahme auf. Wie kamen die Bacillen, an denen ich bis dahin keine selbständige Bewegung wahrgenommen hatte, an den Rand des Präparates, während die Blutkörperchen in der Mitte liegen blieben? Konnten die langen sporenhaltigen Fäden nicht möglicherweise am Rande der Flüssigkeit durch aus der Luft dahin gelangte Keime entstanden sein? Denn gegen eine derartige Verunreinigung aus der Luft waren die Präparate nicht geschützt und in der That wucherten neben den Fäden auf diesem Wege oft die schönsten Colonien von *Micrococcus* und *Bacterium* in das Präparat hinein; einigemale erschien auch eine der unsrigen ähnliche Bacillusart. Hier kam also Alles darauf an, vollständige Sicherheit zu erlangen und nicht in einen Fehler zu verfallen, welcher leider schon so oft bei Culturversuchen mit den niedersten Organismen von erfahrenen Forschern begangen ist und durch welchen die Untersuchungen auf diesem Gebiete in neuerer Zeit etwas in Misscredit gekommen sind. Ich meine den Fehler, ähnliche Formen, welche in derselben Nährflüssigkeit zu gleicher Zeit oder kurz nacheinander entstanden und zugleich mit scheinbaren Uebergangsformen vermischt sind, ohne Weiteres als verschiedene Entwickelungsstadien desselben Organismus zu erklären.

Da mir die Bedingungen für die Entwickelung des *Bacillus Anthracis* bekannt waren, nämlich die Nährflüssigkeit, die Temperatur bei welcher er wächst und die Nothwendigkeit der Luftzufuhr, so versuchte ich auf dem Mikroskoptisch diese Erfordernisse herzu-

stellen, um so direkt die Veränderung der Bacillen beobachten zu können.

So schwierig ich mir anfangs die Ausführung dieses Versuches vorgestellt hatte, so einfach gestaltete er sich in der Wirklichkeit. Nach manchem missglücktem Experiment fand ich folgende Methode als die zweckmässigste:

Als Wärmequelle diente ein M. Schulze'scher heizbarer Objecttisch, welchen ich, ebenso wie früher vom Brütapparat angegeben ist, mit einer Petroleumlampe erwärmte. Das Mikroskop muss allerdings auf einen Untersatz gestellt werden, um die Lampe, welche mit einem flachen, aus Blech gearbeiteten Petroleumreservoir versehen ist, mit ihrem Cylinder unter den Arm des heizbaren Objecttisches zu bringen. Eine einzige kleine Flamme, ungefähr unter der Mitte des einen Arms stehend, genügte bei meinem Apparat, um tagelang den Objecttisch auf der erforderlichen Temperatur zu erhalten. Der feuchte, lufthaltige Raum wurde von einem durch das Deckglas geschlossenen hohlgeschliffenen Objectträger ersetzt (Fig. 6). Das den Bacillen hierdurch für ihre Entwickelung gewährte Luftquantum ist sehr gering, aber wie die Erfahrung lehrt, genügt es zum Gelingen des Versuches. Um nun die richtige Temperatur für die von mir angewandte Sorte von hohlgeschliffenen Objectträgern zu finden, benutzte ich den Schmelzpunkt von Rindertalg, welcher im Wasserbade auf ziemlich genau 40° bestimmt war. Von diesem vorher geprüften Rindertalg wurde ein Tröpfchen auf ein Deckglas gebracht und dieses durch eine rings um die Höhlung des Objectträgers gepinselte Schicht Provenceröl luftdicht, und zwar mit dem Talgtröpfchen nach unten gerichtet, auf den Hohlraum des Objectträgers aufgesetzt. Es ergab sich dabei, dass der Objecttisch auf 45° erwärmt werden musste, um den Tropfen unter dem Deckglase eben zum Schmelzen zu bringen. Für die zu meinen Versuchen erforderliche Temperatur genügte es also, den Objecttisch so zu heizen, dass sein Thermometer dauernd auf 40° zeigte. Zu gleicher Zeit musste es auffallen, dass eine Annäherung des Tubus, wie sie zur Einstellung eines Objectes für Hartnack Obj. 7 Ocul. 3, welche ich bei diesen Untersuchungen benutzte, erforderlich ist, jedesmal stark abkühlend wirkte und die Temperatur in dem Tropfen um 5 bis 8° herabsetzte. Nach diesen Ermittelungen brachte ich auf die untere Seite des Deckglases einen Tropfen frisches Rinderblutserum oder, was sich für diesen Versuch noch viel besser bewährte, einen Tropfen ganz frischen und möglichst reinen *Humor aqueus* von Rinderaugen. Der Tropfen darf natürlich nur so dick sein, dass

man noch alle seine Schichten mit dem Mikroskop durchmustern kann [1]). Hierauf wurde in den Rand des Tropfens eine möglichst geringe Menge ganz frischer bacillenhaltiger Milzsubstanz eingetragen und das Deckgläschen sofort auf den mit Oel bestrichenen Objectträger gelegt. Der kleine Hohlraum füllt sich schnell mit Wasserdampf und die anfängliche Verdunstung des Tropfens ist so gering, dass nur am äussersten Rand einige Bacillen vertrocknen; später behält der Tropfen tagelang unverändert seine Gestalt. Das so hergerichtete Präparat wurde nun auf den geheizten Objecttisch gebracht und nachdem die Strömungen in der sich erwärmenden Flüssigkeit sich gelegt hatten, einige mehr nach dem Innern des Tropfens zu gelegene Bacillen fixirt, rasch noch ihre Form und Lage gezeichnet und dann der Tubus hinaufgeschroben, um eine ungleichmässige und zu lange Abkühlung des Präparates zu vermeiden. Bei der nun folgenden alle 10 bis 20 Minuten vorgenommenen Untersuchung wurde wahrgenommen, dass die Bacillen anfangs etwas dicker werden und anscheinend aufquellen, sich aber in den ersten beiden Stunden kaum merklich ändern. Dann aber beginnt ihr Wachsthum. Schon nach 3 bis 4 Stunden haben sie die 10—20fache Länge erreicht, sie fangen sich an zu krümmen, gegenseitig zu verdrängen oder geflechtartig durcheinander zu schieben. Nach einigen weiteren Stunden sind die einzelnen Fäden schon so lang, dass sie durch mehrere Gesichtsfelder reichen; sie gleichen einem Haufen Glasfäden, welche nach Art von Schlingpflanzen sich in der verschiedensten Weise bald zu langen parallelen Zügen oder zu äusserst zierlichen spiralförmig gedrehten Bündeln vereinigen, bald aber in den unregelmässigsten Figuren zu einem unentwirrbaren Knäuel verschlingen,

---

[1]) Unter verschiedenen Arten hohlgeschliffener Objectträger fand ich am bequemsten einen von 3 Mm. Dicke, welcher, beiläufig bemerkt, 60 Mm. lang und 20 Mm. breit ist. Seine obere Fläche ist matt geschliffen; der Hohlraum hat die Form eines Kugelabschnittes, einen Durchmesser von 14 Mm. und eine Tiefe von 1,5 Mm. Hartnack'sche Deckgläschen von 18 Mm. Quadrat und 0,15 Mm. Dicke lassen sich auf solchen Objectträgern sehr gut durch Oel luftdicht befestigen. Dem Tropfen auf der unteren Seite des Deckglases gab ich einen Durchmesser von ungefähr 5—7 Mm., so dass er vom Oel ringsum ungefähr noch 3—5 Mm. entfernt bleibt und dieses ihn, selbst wenn es unter dem Deckglas etwas nach innen fliesst, nicht leicht erreichen kann. Zu Kulturversuchen im Brütapparat habe ich Objectträger mit einem darauf befestigten Paraffinring sehr praktisch gefunden, man kann sich dieselben, in jeder beliebigen Grösse und Form, leicht selbst anfertigen und ganz in derselben Weise wie hohlgeschliffene Objectträger benützen.

so dass es ganz unmöglich wird, den einzelnen Faden in seiner ganzen Länge weiter zu verfolgen.

Betrachtet man das freie Ende eines Fadens andauernd durch längere Zeit, etwa 15 bis 20 Minuten, dann vermag man leicht die fortwährende Verlängerung desselben direct wahrzunehmen und kann sich so das merkwürdige Schauspiel von dem sichtbaren Wachsen der Bacillen verschaffen und die unmittelbare Ueberzeugung von ihrer Weiterentwickelung gewinnen. Schon nach 10 bis 15 Stunden erscheint der Inhalt der kraftigsten und am üppigsten gewachsenen Fäden fein granulirt und bald scheiden sich in regelmässigen Abständen sehr kleine mattglänzende Körnchen ab, welche sich nach einigen weiteren Stunden zu den stark lichtbrechenden eirunden Sporen vergrössern. Allmählich zerfallen dann die Fäden, zerbröckeln an ihren Enden, die Sporen werden frei, sinken dem Gesetze der Schwere folgend in die unteren Schichten des Tropfens und sammeln sich hier in dichten Haufen an. In diesem Zustande bleibt dann das Präparat wochenlang unverändert. Die auf der Tafel XI. befindlichen Abbildungen geben ein möglichst getreues Bild (Fig. 1—4) von den eben geschilderten verschiedenen Entwickelungsstufen des *Bacillus Anthracis*.

Auch in den Präparaten, welche nach dieser Methode angefertigt und behandelt wurden, traten bisweilen verschiedenartige Bacterien in grossen Schwärmen und ruhenden Colonien als ungebetene Gäste auf und störten die Beobachtung der späteren Entwickelungsstadien des *Bacillus Anthracis*. Sobald man aber eine grössere Anzahl von Praparaten mit einiger Sorgfalt unter Anwendung von möglichst frischem, reinem *Humor aqueus* oder Blutserum und unmittelbar dem todten Thierkörper entnommener Milzsubstanz anfertigt und in den Brütapparat bringt, wird man mindestens in der Halfte, öfter in allen, bei wiederholter Untersuchung eine vollkommene reine Cultur von Milzbrandbacillen finden. Bleibt unter den im Vorhergehenden angegebenen Bedingungen die Entwickelung der Bacillen ganz aus, oder wachsen letztere nur kümmerlich und kommen nicht zur Sporenbildung, dann liegt irgend ein Fehler in der Anordnung des Experimentes vor. Auf welche Kleinigkeiten es hierbei unter Umständen ankommt, mag man daraus ersehen, dass mir anfangs manche Culturen missglückten, weil ich alle Deckgläschen nach dem Gebrauch in eine Carbolsäurelösung legte und trotz sorgfältiger Reinigung durch den Geruch erkennbare Spuren von Carbolsäure bisweilen an den Gläschen haften blieben. Erst nachdem ich mich durch Controlversuche davon überzeugt hatte, dass schon so äusserst geringe

Mengen der Carbolsäure genügten, um die Cultur der Bacillen zu stören und demgemäss die Gläschen immer durch mehrfaches Abspülen von der Carbolsäure vollständig gereinigt hatte, blieb ich von diesen Misserfolgen verschont. Später wollte es mir einmal durchaus nicht mehr gelingen, die Fäden zur Sporenbildung zu bringen; sie wuchsen in eigenthümlichen gekräuselten, ziemlich langen Formen, verkümmerten aber schliesslich, nachdem sie nur vereinzelte oder gar keine Sporen angesetzt hatten. Ich suchte vergeblich den Grund in fehlerhafter Beschaffenheit des Wärmeapparates, der Nährflüssigkeit und dergl. Endlich fiel es mir auf, dass das zum Schliessen des Präparates benutzte Oel nach flüchtigen Fettsäuren roch und als ich nun zu gleicher Zeit mehrere Präparate genau in gleicher Weise anfertigte, aber für einige ranziges Oel, für andere tadelloses Provenceröl zum Befestigen des Deckglases gebrauchte, kamen die Bacillen in letzteren zur vollkommensten Sporenbildung, in ersteren zeigten sich nur spärliche Sporen. Da mir diese Wirkung der flüchtigen Fettsäuren, oder vielleicht nur einer bestimmten Säure, welche nicht einmal direct mit dem die Bacillen enthaltenden Tropfen in Berührung kamen, sondern nur durch ein sehr geringes Quantum ihrer Dämpfe darauf einwirken konnten, sehr merkwürdig erschien, so wiederholte ich diesen Versuch zu verschiedenen Zeiten und erhielt immer dasselbe Resultat.

3. Die Sporen des *Bacillus Anthracis* entwickeln sich unter gewissen Bedingungen (bestimmte Temperatur, Nährflüssigkeit und Luftzutritt) wieder unmittelbar zu den ursprünglich im Blute vorkommenden Bacillen. Dass die in den langen Fäden gebildeten glänzenden Körperchen in der That Sporen sind und nicht etwa zufällige Zersetzungsproducte oder Rückstände der absterbenden ausgewachsenen Bacillen, liess sich wohl schon von vorn herein nach Analogie der Entwickelungsgeschichten anderer Organismen aus der Reihe der Pilze und Algen mit Bestimmtheit annehmen. Später zu erwähnende Impfversuche mit Flüssigkeiten, welche nur Sporen von *Bacillus Anthracis* und keine Spur von Bacillen oder Fäden mehr enthielten und doch im Stande waren, mit derselben Sicherheit, wie mit frischen Bacillen Milzbrand zu erzeugen, bestätigten diese Vermuthung. Um aber einen vollständigen Einblick in den Lebenslauf des *Bacillus Anthracis* zu gewinnen und namentlich zu erfahren, ob die Sporen durch eine Zwischenform, etwa eine im Wasser lebende Schwärmspore, oder direct und in welcher Art und Weise wieder in die Bacillen übergehen, war es das Gerathenste, den einmal betretenen Weg weiter

zu verfolgen. Womöglich musste erreicht werden, die Keimung der Sporen künstlich unter Verhältnissen vor sich gehen zu lassen, welche eine directe mikroskopische Beobachtung gestatten

Alle Bemühungen, die Sporen in destillirtem Wasser und Brunnenwasser zur Fortentwicklung bei gewöhnlicher Temperatur oder bei 35° zu bringen, schlugen fehl. In Blutserum oder *Humor aqueus* nach der früher beschriebenen Methode in geschlossenen Zellen und im Brütapparat versuchte Culturen führten nur zu unvollkommenen Resultaten; es entwickelten sich unzweifelhafte Bacillen, welche zu langen Fäden auswuchsen und Sporen ansetzten; aber ihre Zahl war gering und der Uebergang einzelner Sporen in die Bacillen liess sich in dem Sporenhaufen nicht mit genügender Sicherheit verfolgen. Schliesslich schlug ich folgendes Verfahren ein, welches zum Ziele führte. Es wurden aus Präparaten, welche nach mikroskopischer Prüfung eine ganz reine Cultur von *Bacillus Anthracis* enthielten und nachdem die langen Fäden ganz oder grösstentheils zerfallen waren, Tröpfchen mit Sporenmassen entnommen, auf ein Deckglas gebracht und theilweise dicht neben dem Rande desselben, theilweise mehr nach der Mitte zu schnell eingetrocknet. Dieses Eintrocknen hat den Zweck, dass die Sporenhäufchen zusammengehalten und nicht von der Nähr-Flüssigkeit auseinandergeschwemmt und zu sehr zerstreut werden. Die Sporenmassen blieben einige Stunden oder selbst Tage trocken; alsdann wurde auf einen gewöhnlichen (nicht hohl geschliffenen) Objectträger ein der Grösse des Deckglases entsprechender Tropfen *Humor aqueus* gebracht und das Deckglas so aufgelegt, dass die Sporenmassen von der Flüssigkeit benetzt wurden. Das Präparat, welches also nicht mit Oel abgeschlossen wird, kam in den früher beschriebenen feuchten Raum und mit diesem in den Brütapparat, welcher eine Wärme von 35° hatte.

Nach einer halben Stunde fingen die hier und da noch zwischen den Sporen liegenden Reste der ausgewachsenen Fäden an, vollständig zu zerfallen und nach ungefähr $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden waren sie verschwunden.

Schon nach 3—4 Stunden war eine Entwicklung der Sporen zu bemerken.

In den Sporenhäufchen am Rande des Deckglases war sie am weitesten fortgeschritten; denn sie hatten sich schon fast ganz in Fäden verwandelt; während nach der Mitte des Präparates zu alle Uebergänge von diesen Fäden bis zu den einfachen Sporen sich fanden. Nach Beobachtungen an zahlreichen derartigen Präparaten gestaltet sich der Vorgang bei der Sporenentwicklung folgendermassen.

Bei genauer Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen (z. B. Hartnack immers. 9) erscheint jede Spore von eiförmiger Gestalt und in eine kuglige glashelle Masse eingebettet, welche wie ein heller schmaler, die Sporen umgebender Ring aussieht, deren kuglige Form aber beim Rollen der Sporen nach verschiedenen Richtungen leicht zu erkennen ist. Diese Masse verliert zuerst ihre Kugelgestalt, sie verlängert sich in der Richtung der Längsachse der Sporen nach der einen Seite hin und wird langgezogen eiförmig. Die Spore bleibt dabei in dem einen Pol des kleinen walzenförmigen Körpers liegen. Sehr bald wird die glashelle Hülle länger und fadenförmig und zu gleicher Zeit fängt die Spore an ihren starken Glanz zu verlieren, sie wird schnell blass und kleiner, zerfällt wohl auch in mehre Partieen, bis sie schliesslich ganz verschwunden ist. In Fig. 5 ist ein solcher Sporenhaufen mit den Uebergängen zu Fäden nach einem solchen Präparate wiedergegeben.

Später ist es mir auch oft gelungen in demselben Präparat und in demselben Tropfen *Humor aqueus* aus den Bacillen die Sporen und sofort aus diesen wieder eine zweite Generation von sporenhaltigen Fäden zu erziehen. Wenn nämlich nur wenige Bacillen in den Tropfen gelangten, hatte sich, wie auch sonst, ungefähr nach 20—24 Stunden die Sporenbildung vollzogen; das Nährmaterial war aber noch nicht verbraucht und einige Stunden später wuchsen die Sporen schon wieder zu Bacillen und diese zu Fäden aus.

Namentlich in derartigen Präparaten konnte der Uebergang der Sporen zu den Bacillen mit Sicherheit beobachtet werden; die Fig. 5b. ist einem solchen Präparat entnommen und Herr Prof. F. Cohn hatte die Güte, diese Zeichnung unter Anwendung einer Vergrösserung mit Seibert immers. VIII. selbst anzufertigen. Aus diesen höchst einfachen Formveränderungen der Spore bei ihrer Keimung geht also hervor, dass sie aus einem stark lichtbrechenden Tröpfchen, vielleicht einem Oel, besteht, welches von einer dünnen Protoplasmaschicht eingehüllt ist. Letztere ist die eigentliche entwicklungsfähige Zellsubstanz, während ersteres vielleicht einen bei der Keimung zu verbrauchenden Reservestoff bildet.

Mit dieser letzten Reihe von Untersuchungen ist der Kreis, welcher von den Formveränderungen des *Bacillus Anthracis* gebildet wird, geschlossen und damit die vollständige Entwicklungsgeschichte desselben gegeben.

Da in den letzten Jahren oft die wunderbarsten Beobachtungen und die widersprechendsten Ansichten über krankheitserregende *Schizophyten* veröffentlicht sind und deswegen, wie ich schon früh-

andeutete, Arbeiten dieser Art sowohl von Botanikern als Aerzten mit einem wohl berechtigten Misstrauen aufgenommen werden, so mache ich nochmals besonders darauf aufmerksam, dass es sich bei meinen Untersuchungen nicht um eine zufällige, vereinzelte Beobachtung, sondern um möglichst oft wiederholte, mit vollständig sicherem Erfolg zu jeder Zeit anzustellende Experimente handelt.

Um Jeden, der ein Interesse für die Sache hat, in den Stand zu setzen, ohne Schwierigkeit sich selbst durch den Augenschein von der Richtigkeit des Resultates meiner Untersuchungen zu überzeugen, habe ich die oft durch mühevolle und zeitraubende Versuche gewonnenen Methoden, nach denen ich gearbeitet habe, möglichst genau beschrieben. Ganz besonderes Gewicht lege ich übrigens noch darauf, dass Herr Prof. F. Cohn sich auf meine Bitte, der mich zu besonderem Danke verpflichtenden Mühe unterzog, meine Angaben über die Entwicklungsgeschichte des *Bacillus Anthracis* eingehend an einer Reihe von Präparaten und von mir im pflanzenphysiologischen Institut zu Breslau angestellten Experimenten zu prüfen und in allen Punkten zu bestätigen.

Die auf die Anthraxbacillen bezügliche Literatur ist mir nur theilweise zugänglich gewesen und ich muss daher auf eine vollständige Angabe derselben verzichten. Nur einige Arbeiten, welche mir erst nach Auffindung der Entwicklungsgeschichte des *Bacillus Anthracis* zur Kenntniss kamen, möchte ich mit einigen Worten berühren. Bollinger[1]) meint, dass die Bacillen aus Reihen von Kugelbacterien zusammengesetzt sind, in welche sie gelegentlich zerfallen, und dass diese Kugelbacterien allein im Blute vorkommen, sich durch Theilung vermehren und zu Reihen vereinigt wieder Stäbchen bilden können. Fast könnte es hiernach scheinen, als ob Bollinger auch die Sporenbildung gesehen hätte. Doch ist dies nicht der Fall, denn er giebt an, nur einmal Bacillen von 0,05 Mm. Länge gesehen zu haben, eine Grösse, bei welcher die Bacillen noch nicht zur Sporenbildung kommen. Auch die l. c. p. 465 gegebene Abbildung enthält nur abgestorbene Bacillen, auf deren Form ich später zurückkomme.

Im dritten Heft des ersten Bandes dieser Beiträge p. 200 äussert F. Cohn bei der Besprechung der eben angeführten Angaben Bollinger's, dass er die Milzbrandstäbchen dennoch für Bacillen halte und dass man nach Analogie anderer Bacillen eine Fortpflanzung derselben durch kugelige Dauersporen erwarten müsse; eine Ver-

[1]) Ziemssen's Handb. der spec. Pathol. und Therap. Bd. 3. p. 464.

muthung, welche sich sehr bald verwirklicht hat. Die neueste Veröffentlichung über Milzbrandbacterien, welche von C. O. Harz herrührt, enthält nach dem mir vorliegenden Referat (Allgem. med. Centralzeitung 1876 No. 33) nur negative Resultate, welche den von mir erhaltenen positiven gegenüber ihre Bedeutung verlieren müssen.

III. Biologie des Bacillus Anthracis. Die Möglichkeit, den *Bacillus Anthracis* unter künstlichen Verhältnissen zu sporenhaltigen Fäden und seine Sporen wieder zu Bacillen zu entwickeln, beweist natürlich noch nicht, dass das Vorkommen des Milzbrandes unter allen Umständen auf die verschiedenen Entwickelungsformen dieser Bacterienart zurückgeführt werden müsse. Da er im lebenden Organismus, wie früher gezeigt wurde (allerdings vorläufig nur für die Thierspecies, mit welcher experimentirt wurde, beweisend), sich nicht weiter entwickelt, so kann nur durch Versuche über das Verhalten des *Bacillus Anthracis* unter Bedingungen, welchen er auf seinem muthmasslichen Wege nach dem Absterben des von ihm bewohnten Thieres unterworfen ist, eine Aufklärung hierüber gesucht werden.

Um nicht zu ausführlich zu werden, muss ich die sehr umfangreichen in dieser Richtung angestellten Versuchsreihen kurz zusammenfassen.

Substanzen, welche Milzbrandbacillen enthalten, können in trockenem Zustande oder in Flüssigkeiten suspendirt verbreitet werden. Dass sie eingetrocknet lange Zeit wirksam sein können, war schon bekannt; doch schwanken die Angaben über die Dauer dieser Wirksamkeit. Um diese letzteren genauer zu bestimmen, wurden folgende Versuche gemacht:

Milz, Lymphdrüsen, Blut von Mäusen, Kaninchen und Meerschweinchen wurden sofort, nachdem sie dem Thierkörper entnommen waren, an einem schattigen luftigen Ort getrocknet, und zwar in grösseren Stücken, in kleineren ungefähr erbsen- bis hiersekorngrossen Massen und in am Deckglase eingetrockneten dünnen Schichten. Mit diesem Material wurde anfangs täglich, später von zwei zu zwei Tagen zu gleicher Zeit, nachdem eine entsprechende Menge in *Humor aqueus* aufgeweicht war, eine oder mehrere Mäuse geimpft und ein Culturversuch in einer Paraffinzelle gemacht. Die in sehr dünnen Lagen eingetrockneten Bacillenmassen verloren, je nach ihrer Dicke, nach 12—30 Stunden ihre Impffähigkeit und ebenso auch die Möglichkeit, im Brütapparat zu langen Fäden heranzuwachsen. Unmittelbar nach dem Anfeuchten hatten die Bacillen dasselbe Aussehen, wie im frischen Zustande; aber sie zerfielen sehr bald unter später genauer zu beschreibenden Veränderungen, sie waren also, nachdem

sie einen gewissen Theil ihrer Feuchtigkeit verloren hatten, abgestorben. Dickere getrocknete Stücke hielten sich zwei bis drei Wochen impf- und entwickelungsfähig. Noch grössere behielten ihre Wirksamkeit, offenbar weil sie langsamer vollkommener lufttrocken werden, gegen vier bis fünf Wochen. Aber längere Zeit hindurch frisch getrocknete bacillenhaltige Massen impffähig zu erhalten, ist mir nie gelungen, obwohl ich diese Versuche in der verschiedensten Weise modificirt und wiederholt habe, weil ich, auf Davaine's Angaben mich verlassend, anfangs bestimmt glaubte, mir auf diese Weise frisch erhaltene Milzbrandsubstanzen für spätere Versuche sichern zu können; doch wurde ich stets auf das Empfindlichste getäuscht und musste meine Arbeiten deswegen mehrfach unterbrechen, bis es mir später gelang, in anderer Weise einen stets wirksamen Impfstoff zu gewinnen und mich dadurch vom Zufall unabhängig zu machen.

Auf eine Erscheinung, welche bei dieser Versuchsreihe recht auffallend hervortrat, muss ich noch besonders aufmerksam machen, dass nämlich nur solche getrocknete Substanzen Milzbrand hervorriefen, aus welchen bei den gleichzeitig angestellten Culturversuchen sich sporenhaltige Fäden entwickelten und umgekehrt. Es würde diese Beobachtung allein schon genügen, um die directe Uebertragbarkeit des Milzbrandes als von dem Vorhandensein lebensfähiger Bacillen abhängig zu beweisen.

Ehe ich zu den Versuchen über Milzbrandflüssigkeiten übergehe, muss ich eine Reihe von Culturversuchen bei verschiedenen Temperaturen erwähnen. Es war mir hauptsächlich darum zu thun, die unterste Temperaturgrenze zu finden, bei welcher der *Bacillus Anthracis* noch keimfähige Sporen zu entwickeln vermag. Es wurden also eine Anzahl Paraffinzellen in der früher beschriebenen Weise mit Nährflüssigkeit und frischen lebenskräftigen Bacillen beschickt und bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt. Da dieses Experiment während des Winters angestellt wurde, so war es mir leicht, einzelne Präparate in einem bis auf 5° abgekühlten Raum zu halten. Die höheren Temperaturen (über 40°) wurden vermittelst des heizbaren Objecttisches erhalten. Hierbei stellte sich heraus, dass die Fäden am schnellsten bei 35° wachsen; schon nach 20 Stunden können sie bei dieser Temperatur mit den schönsten Sporen versehen sein. Bei 30° zeigen sich die Sporen etwas später, nämlich nach ungefähr 30 Stunden. Bei noch niedrigerer Temperatur wird auch die Entwickelung der Bacillen entsprechend langsamer. Bei 18—20°

(Cels.), also gewöhnlicher Zimmertemperatur, brauchen sie ungefähr zwei und einen halben bis drei Tage zur Sporenentwickelung. Unter 18° kommt es nur noch ausnahmsweise zur Sporenbildung und unter 12° habe ich überhaupt kein Wachsthum der Fäden mehr beobachtet. Ueber 40° wird die Entwickelung der Bacillen kümmerlich und schien mir bei 45° aufzuhören; doch habe ich die Versuche über die oberen Temperaturgrenzen für das Wachsthum der Bacillen nicht oft genug wiederholt (da der heizbare Objecttisch immer nur die Beobachtung eines einzelnen Präparates zulässt), um dieselbe ganz genau angeben zu können.

Ich komme nun auf das für die Aetiologie des Milzbrandes so äusserst wichtige Verhalten der Bacillen in verschiedenen Flüssigkeiten und unter möglichst natürlichen Bedingungen. Da von dem mir zu Gebot stehenden Versuchsthier, der Maus, nur ein sehr geringes Quantum Blut zu erhalten war und dieses Blut ausserdem noch sehr wenige Bacillen enthält, so nahm ich frisches Rinderblut oder den von mir mit Vorliebe gebrauchten *Humor aqueus,* einigemale auch Glaskörper von Rinderaugen und zerrieb in diesen Flüssigkeiten frische bacillenhaltige Mäusemilz, so dass das Gemenge in der Zusammensetzung ungefähr dem Blute, serösen und schleimigen Flüssigkeiten von an Milzbrand gefallenen Thieren glich.

Derartige Flüssigkeiten in ein gut verkorktes Glas gefüllt, nehmen im Brütapparat sehr schnell einen höchst penetranten Fäulnissgeruch an. Die Bacillen sind schon nach 24 Stunden verschwunden, ohne dass sie zu Fäden ausgewachsen wären und es gelingt dann nicht mehr, damit Milzbrand zu erzeugen. Davon dass das Absterben der Bacillen in diesem Falle weniger von dem Einfluss der sich entwickelnden Fäulnissgase, welche nicht entweichen können, sondern von dem Mangel an Sauerstoff abhängt, kann man sich leicht durch folgendes Experiment überzeugen. Ein zwischen einem gewöhnlichen Objectträger und Deckglas ohne Luftblasen befindlicher bacillenhaltiger Blutstropfen wird durch eine auf den Rand gepinselte Oelschicht luftdicht eingeschlossen und auf dem heizbaren Objecttisch erwärmt. Das Blut zeigt mit dem Mikrospektroskop untersucht anfangs die beiden Streifen des Oxyhämoglobin; dabei fangen die Bacillen ganz wie in den Zellenpräparaten, an sich zu verlängern und erreichen nach ungefähr drei Stunden die 4—5fache Länge. Dann ist der Sauerstoff verbraucht, es verschwinden die beiden Streifen und es erscheint dafür der zwischen beiden liegende Streifen des reducirten Hämoglobin. Von diesem Zeitpunkte an hört auch das weitere Wachsthum der Bacillen vollständig auf, obwohl noch

keine Fäulnissbacterien bemerkt werden und die eigentliche Fäulniss noch nicht eingetreten ist [1]). An einem solchen Präparate kann man, wenn es bei niedriger Temperatur gehalten wird, in vorzüglicher Weise die Veränderungen der Bacillen beim Absterben studiren. Dieser Vorgang gestaltet sich folgendermassen. Während frische Bacillen und im kräftigen Wachsthum befindliche (mit Ausnahme des Zeitpunktes dicht vor der Sporenbildung) immer einen homogenen glashellen Inhalt haben und nur ganz vereinzelt eine sonst nur durch winklige Knickungen angedeutete Gliederung zeigen, erkennt man in den absterbenden Bacillen als erstes Symptom eine Trübung des Inhalts und eine Sonderung desselben in kürzere Abtheilungen. Die Bacillen erscheinen dann mehr oder weniger deutlich gegliedert, namentlich so lange noch die äusserst feine Zellenmembran diese Theile scheidenartig umhüllt und zusammenhält. Aber sehr bald verlieren die Bacillen ihre scharfen Contouren, sie scheinen aus kurzen, rundlichen, lose zusammenhängenden Stückchen zu bestehen und zerfallen schliesslich vollständig. Die mir vorliegende Abbildung Bollinger's (l. c. p. 465) ist eine ziemlich getreue Darstellung solcher abgestorbener Bacillen. Ich habe einzelne in dieser Weise zerfallende Bacillen in den verschiedensten Präparaten oft tagelang von Zeit zu Zeit beobachtet, habe aber niemals einen Uebergang derselben in Micrococcen oder dergleichen gesehen.

Ganz andere Bilder gewähren dagegen bei öfters wiederholter Untersuchung die genannten bacillenhaltigen Flüssigkeiten, wenn der Zutritt von Sauerstoff, und sei es auch nur in sehr geringer Menge, gestattet wird und ihre Temperatur nicht dauernd unter 18° herabsinkt. Sehr gut lassen sich die hierbei eintretenden Veränderungen verfolgen, wenn ungefähr 10—20 Gramm der Flüssigkeit in einem Uhrglase, auf welches eine nicht festschliessende Glasplatte aufgelegt wird, mehrere Tage bei Zimmertemperatur bleiben. Die Flüssigkeit nimmt schon nach 24 Stunden Fäulnissgeruch an, der nach weiteren 24 Stunden gewöhnlich sehr penetrant ist. Dem entsprechend finden sich auch sehr bald Micrococcen und Bacterien in grosser Menge. Daneben aber gedeiht der *Bacillus Anthracis* so gut, als ob er der alleinige Bewohner der Nährflüssigkeit wäre. Seine Fäden erreichen schon nach 24 Stunden eine beträchtliche

[1]) Im nicht geöffneten Körper eines an Milzbrand gestorbenen Thieres verlängern sich die Bacillen, auch wenn der Cadaver längere Zeit bei einer Temperatur von 18—20° gelassen wird, nur sehr wenig oder gar nicht, offenbar weil der Sauerstoff des Blutes nach dem Tode schnell durch Oxydationsprocesse verbraucht und nicht wieder ersetzt wird.

Länge und haben öfters schon nach 48 Stunden und selbst noch zeitiger Sporen in grosser Menge angesetzt [1]). Nach der Sporenentwicklung zerfallen die Fäden und die Sporen sinken zu Boden. Die Vegetation der übrigen Schizophyten, welche zufällig in die Flüssigkeit eindrangen und sich darin vermehrten, geht noch Tage lang in üppigster Weise weiter. Allmählich aber verschwinden auch diese, der charakteristische Fäulnissgeruch nimmt ab, schliesslich bildet sich ein schlammiger Bodensatz und die darüber stehende Flüssigkeit wird arm an geformten Bestandtheilen und fast klar. Sie hat zuletzt einen schwachen Geruch nach Leim oder Käse, verändert sich, wenn sie bisweilen durch den Zusatz von destillirtem Wasser vor dem Austrocknen geschützt wird, nicht mehr und ist vollständig ausgefault.

Wurden bacillenhaltige Substanzen mit destillirtem oder Brunnenwasser mässig verdünnt, dann verhindert das die Sporenbildung nicht; aber bei stärkerer Verdünnung entwickeln sich die Bacillen nicht mehr [2]), sie sterben bald ab und erzeugen ungefähr nach 30 Stunden eingeimpft keinen Milzbrand mehr. Die Nährflüssigkeit muss also eine gewisse noch näher zu bestimmende Menge an Salzen und Eiweiss enthalten, damit die Bacillen bis zur Sporenbildung kommen können.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die meisten Cadaver der an Milzbrand gefallenen Thiere, welche im Sommer mässig tief eingescharrt werden, oder längere Zeit auf dem Felde, im Stalle, in Abdeckereien liegen, ebenso die blut- und bacillenhaltigen Abgänge der kranken Thiere im feuchten Boden oder im Stalldünger mindestens ebenso günstige Bedingungen für die Sporenbildung des *Bacillus Anthracis* bieten, als es in den vorher geschilderten Versuchsreihen der Fall ist. Durch diese Experimente würde also der Beweis geliefert sein, dass nicht blos durch künstliche Züchtung im Ausnahmefalle die Sporen des *Bacillus Anthracis* entstehen, sondern dass dieser Parasit in jedem Sommer im Boden, dessen Feuchtigkeit das Austrocknen der den Höhlungen des noch lebenden oder schon abgestorbenen milzbrandigen Thieres entströmenden Nährflüssigkeit verhindert, seine Keime in unzählbarer Menge ablagert.

Dass sich diese Keime im Wasser nicht verändern, aber in

---

[1]) In Paraffinzellen zu gleicher Zeit und unter denselben Verhältnissen gezüchtete Bacillen wuchsen langsamer und kümmerlicher. Vielleicht wegen des erheblich geringeren Sauerstoffvorraths.

[2]) z. B. Bacillen in Mausemilz mit dem zwanzigfachen Quantum destillirten Wassers verdünnt, wuchsen nicht.

Humor aqueus und Blutserum wieder zu Bacillen heranwachsen, haben wir früher gesehen. Da liesse sich wohl schon von vornherein annehmen, dass, wenn von diesen Sporen auf irgend einem Wege eine oder auch mehrere in den Blutstrom eines für Milzbrand empfänglichen Thieres gelangt, hier eine neue Generation von Bacillen erzeugt wird. Um diese Annahme auch experimentell zu prüfen, wurden noch folgende Versuche angestellt.

Von zwei mit bacillenhaltigem Blutserum gefüllten, verdeckten Uhrgläsern blieb das eine im Zimmer, das andere wurde in einem kalten Raume (8°) aufbewahrt und von beiden täglich zwei Thiere geimpft. Im Blutserum, welches kalt stand, fingen die Bacillen am dritten Tage an körnig und gegliedert zu werden, bis dahin war es wirksam; die später damit geimpften Thiere blieben gesund. Die Impfungen mit dem warmstehenden Blutserum waren vor und nach der Sporenbildung in den Fäden des *Bacillus Anthracis* wirksam; selbst nach 14 Tagen liess sich mit solchem gefaulten Blute, welches Bacillen-Sporen enthält, noch mit derselben Sicherheit Milzbrand erzeugen, wie mit frischer stäbchenhaltiger Milz. Die Sporen scheinen sich sehr lange Zeit in faulenden Flüssigkeiten ebenso gut, wie in nicht faulenden, keimfähig zu erhalten. Denn mit Glaskörper von Rinderaugen, in welchem ich bei ungefähr 20° Bacillen aus einer Mausemilz zur Sporenbildung kommen liess und welcher nach drei Wochen vollständig ausgefault war, konnte noch nach elf Wochen mit absoluter Sicherheit durch Impfung Milzbrand hervorgerufen werden. Der Bodensatz dieser ausgefaulten Flüssigkeit enthielt sehr viele von kleinen Schleimflocken zusammengehaltene Bacillen-Sporen, während man in der fast klaren Flüssigkeit bei mikroskopischer Untersuchung oft mehrere Gesichtsfelder durchsuchen musste, ehe man einige vereinzelte Sporen fand. Von Fäden war natürlich nicht das Geringste mehr vorhanden. Bei den Impfungen mit dem sporenreichen Bodensatz und mit der sporenarmen Flüssigkeit stellte sich die interessante Thatsache heraus, dass mit ersterem also mit vielen Sporen geimpfte Mäuse nach 24 Stunden, mit letzterer also mit weniger Sporen geimpfte Mause nach drei bis vier Tagen an Milzbrand starben. Ich bemerke noch besonders, dass ich diesen Versuch mehrere Male und immer mit demselben Erfolg wiederholt habe

Sporenhaltige Flocken derselben Flüssigkeit wurden drei Wochen in einem mit Brunnenwasser gefüllten offenen Reagensglase aufbewahrt; trotzdem blieben dieselben wirksam bei der damit vorgenommenen Impfung.

Ebensolche sporenhaltige Substanzen wurden getrocknet, nach einiger Zeit mit Wasser wieder aufgeweicht und dieser Procedur wiederholt unterworfen; aber sie verloren ihre Fähigkeit Milzbrand zu erzeugen, dadurch nicht.

Hiernach wird es nun auch leicht erklärlich, warum die Meinungen der Experimentatoren über die Wirksamkeit des getrockneten Milzbrandblutes so weit auseinandergehen; da der Eine frisches, schnell getrocknetes Blut benutzte, welches keine Sporen enthielt und, wie ich früher gezeigt habe, sich höchstens fünf Wochen wirksam erhält; von Anderen dagegen wurde mit Blut geimpft, das langsam bei Zimmer- oder Sommer-Temperatur eingetrocknet war und in welchem sich Sporen gebildet hatten. Ich besitze eine kleine Sammlung von Milzbrandsubstanzen, welche unter den verschiedensten Umständen und zu verschiedenen Zeiten getrocknet und in unverstöpselten, enghalsigen Gläsern aufbewahrt sind. Als ich auf die Bedeutung der Sporen in getrockneten Milzbrandmassen aufmerksam wurde, untersuchte ich diese getrockneten Blut-, Milz- und Drüsenstückchen nochmals genau auf ihre Fähigkeit, mit *Humor aqueus* aufgeweicht in Glaszellen die charakteristischen sporenhaltigen Fäden des *Bacillus Anthracis* und bei der Impfung Milzbrand entstehen zu lassen. Hierbei stellte sich heraus, dass die in kleinen Stücken schnell getrockneten Theile keine Sporen enthielten und weder Fäden noch Milzbrand hervorzubringen vermochten. Schafmilz dagegen, welche in grösseren Stücken im Zimmer langsam getrocknet war, und einige Blutproben, welche in grösseren Quantitäten aufgestellt gewesen waren und mehrere Tage zum vollständigen Eintrocknen gebraucht hatten, enthielten zahlreiche mehr oder weniger freie Sporen und Bruchstücke von sporenhaltigen Fäden. Alle diese sporenhaltigen Substanzen riefen nach der Einimpfung Milzbrand hervor und entwickelten in Nährflüssigkeiten oft die schönsten sporenhaltigen Fäden von *Bacillus Anthracis*. Wie lange sich die getrockneten Sporen keimfähig halten, lässt sich zur Zeit nicht mit Bestimmtheit angeben; wahrscheinlich wird dieser Zeitraum eine längere Reihe von Jahren umfassen; wenigstens habe ich mit Schafblut, welches vor fast vier Jahren getrocknet ist, noch in letzter Zeit vielfach Impfungen ausgeführt, welche ausnahmslos tödtlichen Milzbrand bewirkten [1]).

Mehrfach ist die Identität der durch Impfungen mit Milzbrandblut hervorgerufenen Krankheit mit Septicämie und ebenso das um-

---

[1]) Die beim Bearbeiten von Häuten, Haaren und dergl. entstandenen Milzbranderkrankungen bei Menschen, können, wenn diese Gegenstände schon vor Jahren getrocknet sind, nur durch sporenhaltige Staubtheile veranlasst sein.

gekehrte Verhältniss behauptet worden. Um diesen Einwand, der möglicherweise auch meinen mit faulenden Milzbrandsubstanzen angestellten Impfversuchen gemacht werden könnte, zu begegnen, habe ich mit faulendem Blute von gesunden Thieren mit bacillenfreiem faulenden *Humor aqueus* und Glaskörper Mäuse mehrfach geimpft. Dieselben blieben fast immer gesund, nur zwei Mäuse starben von zwölf geimpften, und zwar einige Tage nach der Impfung; sie hatten vergrösserte Milz, aber diese sowohl wie das Blut waren vollständig frei von Bacillen. Ferner wurden Thiere mit faulendem Glaskörper geimpft, in welchem sich eine dem *Bacillus Anthracis* sehr ähnliche Bacillusart spontan entwickelt hatte. Die Sporen der beiden Bacillusarten waren weder in Grösse noch sonstigem Aussehen von einander zu unterscheiden; nur die Fäden des Glaskörper-Bacillus waren kürzer und deutlich gegliedert. Alle Impfungen mit diesen mehrmals von mir auf Glaskörper gefundenen Bacillen und mit ihren Sporen vermochten keinen Milzbrand zu erzeugen. Auch solche Thiere, welche mit Sporen der im Heu-Infus von Prof. F. Cohn gezüchteten Bacillen geimpft wurden, blieben gesund. Dagegen habe ich mehrfach mit Sporenmassen, welche in Glaszellen gezüchtet waren und wie ich mich vorher durch mikroskopische Untersuchungen versicherte, aus ganz reinen Culturen von *Bacillus Anthracis* stammten, geimpft und jedesmal starben die geimpften Thiere an Milzbrand. Es folgt hieraus, dass nur eine Bacillusart im Stande ist, diesen specifischen Krankheitsprocess zu veranlassen, während andere Schizophyten durch Impfung gar nicht oder in anderer Weise krankheitserregend wirken. Es könnte auffallend erscheinen, dass von meinen mit faulendem Blute geimpften Versuchsthieren nur ausnahmsweise eins an Septicämie zu Grunde ging; dem gegenüber bemerke ich, dass ich nicht, wie es gewöhnlich üblich ist, das faulende Blut nach Cubikcentimetern einspritzte, sondern nur eine verschwindend kleine Menge desselben dem Körper des Thieres einimpfte und damit natürlich die Wahrscheinlichkeit, die im Blute vielleicht sparsam vorhandenen septisch wirkenden Formelemente in den Blutstrom zu bringen, sehr verringert wird.

Dass die Sporen des *Bacillus Anthracis* Milzbrand hervorrufen, wenn sie direkt in den Säftestrom des Thierkörpers gebracht werden, ist durch die zuletzt besprochenen Versuche wohl hinreichend bewiesen. Die Sporen müssen also wirksam werden, sobald sie in getrocknetem Zustande als Staubpartikelchen oder in Flüssigkeiten suspendirt auf Wunden, wenn diese auch noch so klein sind, gelangen. Man dürfte wohl kaum eines unserer Hausthiere finden, dessen Haut

nicht mit einigen Kratzwunden oder kleinen durch Scheuern, Reiben und dergl. entstandenen Hautabschürfungen versehen ist und damit dem gefährlichen Schmarotzer einen bequemen Eingang darbietet. Trotzdem ist damit noch nicht gesagt, dass die Milzbrandsporen nur auf diesem Wege einzuwandern vermögen. Es müssen, um die Milzbrandätiologie vollständig zu haben, auch die Verdauungswege und die Respirationsorgane auf ihre Resorptionsfähigkeit für Milzbrandbacillen und deren Sporen untersucht werden.

Um zu sehen, ob das Milzbrandcontagium vom Verdauungskanal aus in den Körper eindringen kann, habe ich zuert Mäuse mehrere Tage lang mit frischer Milz von Kaninchen und vom Schaf, welche an Milzbrand gestorben waren, gefüttert. Mäuse sind ausserordentlich gefrässig und nehmen in kurzer Zeit mehr als ihr Körpergewicht beträgt, an milzbrandigen Massen auf, so dass also ganz erhebliche Mengen von Bacillen den Magen und Darm der Versuchsthiere passirten. Aber es gelang mir nicht, dieselben auf diese Weise zu inficiren. Dann mengte ich den Thieren sporenhaltige Flüssigkeit unter das Futter; auch das frassen sie ohne jeden Nachtheil; auch durch Fütterung grösserer Mengen von sporenhaltigem, kurz vorher oder schon vor Jahren getrocknetem Blute konnte kein Milzbrand bei ihnen erzeugt werden. Kaninchen, welche zu verschiedenen Zeiten mit sporenhaltigen Massen gefüttert wurden, blieben ebenfalls gesund. Für diese beiden Thierspecies scheint demnach eine Infection vom Darmkanal aus nicht möglich zu sein.

Ueber das Verhalten der mit Staub in die Athmungsorgane gelangten Sporen vermag ich bis jetzt nichts anzugeben, da es mir noch nicht möglich war, darauf bezügliche Versuche anzustellen.

Ich schliesse hier noch einige Versuchsreihen und Beobachtungen an, welche nicht direct mit der Aetiologie des Milzbrandes in Verbindung stehen, aber doch Interesse genug bieten, um mitgetheilt zu werden.

Den schon von Brauell gemachten Versuch, sowohl mit dem bacillenhaltigen Blute trächtiger Thiere, als mit dem bacillenfreien Blute des Fötus derselben zu impfen, habe ich mit einem trächtigen Meerschweinchen und zwei trächtigen Mäusen wiederholt. Das Resultat war das nämliche, wie bei dem Experiment von Brauell; die mit dem mütterlichen Blute geimpften Thiere starben an Milzbrand, die mit dem fötalen Blute geimpften blieben gesund. Um zu sehen, wie bald nach der Impfung die ersten Bacillen im Blute oder in der Milz der geimpften Thiere sich einfinden, wurden neun Mäuse zu gleicher Zeit geimpft. Nach zwei, vier, sechs, acht, zehn, zwölf,

vierzehn und sechszehn Stunden wurde jedesmal eine dieser Mäuse durch Chloroform getödtet und Blut sowohl als Milz sofort untersucht. In den sechs ersten Thieren wurden keine Bacillen gefunden. Erst in der Milz der vierzehn Stunden nach der Impfung getödteten Maus zeigten sich vereinzelte Bacillen. Bei der Maus, welche sechszehn Stunden gelebt hatte, fanden sich schon mehr Bacillen und die Milz war vergrössert. Die letzte starb nach siebzehn Stunden unter den gewöhnlichen charakteristischen Symptomen; ihre Milz war erheblich vergrössert und vollgestopft mit dichten Bacillenmassen. Das Eindringen der Bacillen in den Blutstrom scheint also langsam vor sich zu gehen, aber wenn sie erst einmal hineingelangt sind und hier in ihrer eigentlichen Heimath festen Fuss gefasst haben, vermehren sie sich in der üppigsten Weise.

Ausser an Mäusen, Kaninchen und Meerschweinchen habe ich Impfversuche an zwei Hunden, einem Rebhuhn und einem Sperling gemacht. Obwohl ich diese Thiere wiederholt mit ganz frischem Material impfte, so ist es mir doch nicht gelungen, sie mit Milzbrand zu inficiren.

Auch Frösche sind ganz unempfänglich für Impfungen mit *Bacillus Anthracis* oder dessen Sporen. Als ich einigen Fröschen grössere Stücke Milz von an Milzbrand gestorbenen Mäusen unter die Rückenhaut brachte, die Thiere nach 48 Stunden tödtete und untersuchte, stellte sich folgender bemerkenswerthe Befund heraus. Das Blut der Frösche war vollkommen frei von Bacillen. Die Mausemilz war mit ihrer Umgebung leicht verklebt und hatte statt ihrer dunkelbraunrothen Farbe eine mehr hellgraurothe angenommen. Bei der mikroskopischen Untersuchung derselben finden sich in der Mitte noch unveränderte Bacillen in grosser Menge, aber in den äusseren Schichten trifft man auf viele Bacillen, welche dicker geworden sind und sich verlängert haben, und zwischen diesen sieht man eigenthümliche Gebilde in grosser Zahl; nämlich mehr oder weniger regelmässig spiralförmig gewundene Bacillen, welche theils frei sind, theils aber auch von einer sehr dünnwandigen Kapsel eingeschlossen werden. Die Erklärung für diese ungewöhnliche Gestaltung der Bacillen ist leicht zu finden, wenn man die fast gallertartige, anscheinend von der Froschhaut ausgeschiedene äusserste Umhüllungsschicht der Milz untersucht (Fig. 7). Diese Schicht besteht aus grossen, in eine strukturlose zähflüssige Grundsubstanz eingebetteten Zellen, welche fast die Grösse der Froschblutkörperchen erreichen (Fig. 7a). Dieselben sind trotz ihrer Grösse sehr blass und zart, haben einen sehr deutlichen Kern mit Kernkörperchen und enthalten viele sehr kleine,

in lebhaftester Molekularbewegung befindliche Körnchen. In den meisten von diesen Zellen nun befinden sich einzelne oder mehrere kurze gerade Bacillen, in anderen etwas gekrümmte, geknickte, zu Haufen und Bündeln vereinigte und vorzugsweise spiralförmig gedrehte Bacillen (Fig. 7 b). Sobald die Zellen mehrere Bacillen beherbergen, erscheinen die Molekularkörnchen in ihnen vergrössert, nimmt aber die Bacillenwucherung in ihnen überhand, dann verschwinden diese Körnchen und zuletzt auch der noch am längsten zu erkennende Kern. Dass die als kurze Stäbchen von den Zellen aufgenommenen Bacillen in diesen wachsen und, nachdem sie das Innere derselben unter Bildung von verschiedenen Knickungen und Krümmungen ausgefüllt haben, schliesslich sprengen, geht daraus hervor, dass man neben den freigewordenen Bacillen-Spiralen (Fig. 7 g) und -Bündeln zusammengefallene und leere Zellmembranen als letzten Rest der zerstörten Zellen findet (Fig. 7 c)[1]).

Ganz besonders schön sind diese bacillenhaltigen Zellen zu sehen, wenn dem Präparat etwas destillirtes Wasser zugesetzt wird. Die Zellen quellen dadurch etwas auf, ihr Inhalt wird deutlicher und wenn sie durch die Flüssigkeitsströmungen fortgerissen in eine rollende Bewegung versetzt werden, kann man sich leicht die Ueberzeugung verschaffen, dass auch einzelne Bacillen wirklich im Innern der Zelle und zwar gewöhnlich dicht neben dem Kern liegen und nicht etwa nur in die weiche Zellen-Oberfläche eingedrückt sind. Man hat schon vielfach die Vermuthung ausgesprochen, dass die amöboiden Zellen des Thierkörpers, also vor Allem die weissen Blutkörperchen in derselben Weise, wie sie den leicht nachweisbaren künstlich ins Blut eingeführten Farbekörnchen den Eingang in ihr Protoplasma gestatten, so auch die in die Blutbahn eingedrungenen Micrococcen aufzunehmen vermögen. So viel ich weiss, ist es jedoch bis jetzt nicht gelungen, die weder durch ihre Form noch durch ihre Reactionen von den Molekularkörnchen dieser Zellen scharf unterschiedenen Micrococcen als solche mit Bestimmtheit nachzuweisen. Auch scheint bis jetzt überhaupt kein vollkommen sicheres Beispiel für das Vorkommen von schizophytenhaltigen lebenden thierischen Zellen bekannt zu sein, und ich habe deswegen von den vorhin beschriebenen Zellen in

---

[1]) Zu mehr als mittlerer Länge wachsen die Fäden unter der Froschhaut nicht aus, ich habe auch niemals Sporenentwickelung in denselben gesehen. Nach mehreren Tagen wird ihre Zahl geringer, sie scheinen allmählich zu zerfallen, doch habe ich bei einem Frosche zehn Tage nach Transplantation der Mausemilz noch lange Fäden und bacillenhaltige Zellen gefunden.

Fig. 7 eine Abbildung gegeben. Diese Beobachtung steht in sofern nicht vereinzelt, als ich bei andern Fröschen, nachdem faules getrocknetes Blut unter die Rückenhaut gebracht war, dieselben Zellen gefunden habe; aber in diesem Falle enthielten sie ganz andere kurzgliederige Bacillen, welche meistens mit einer Dauerspore versehen waren (Billroth's Helobacterien). Auch in der frisch untersuchten Milz eines an Milzbrand gefallenen Pferdes (die einzige, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte) waren neben sehr zahlreichen freien Stäbchen grosse blasse Zellen, meistens mit mehreren Kernen vorhanden, von denen viele eine, bis zehn und mehr Bacillen enthielten.

IV. Aetiologie des Milzbrandes. Werfen wir nun einen Blick zurück auf die bis jetzt gewonnenen Thatsachen und versuchen wir mit ihrer Hülfe die Aetiologie des Milzbrandes festzustellen, so dürfen wir uns nicht verhehlen, dass zur Construction einer lückenlosen Aetiologie noch Manches fehlt. Vor Allem ist nicht zu vergessen, dass sämmtliche Thierexperimente an kleinen Nagethieren angestellt sind. Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass die Wiederkäuer, die eigentlichen Wohnthiere des uns beschäftigenden Parasiten, sich diesem gegenüber sehr verschieden von Nagethieren verhalten sollten. Aber schon bei den Impfversuchen besteht in sofern ein Unterschied, dass kleine Thiere nach 24—30 Stunden, grosse erst nach mehreren Tagen sterben. Könnten nicht vielleicht während dieser längeren Zeit die Bacillen an irgend einer Stelle des thierischen Körpers zur Sporenbildung kommen? Oder gelangen sie überhaupt niemals im lebenden Körper zur Ansetzung von Sporen? Ferner sind die Fütterungsversuche mit Bacillen und Sporen bei Nagethieren mit ihrem negativen Resultat durchaus nicht massgebend für Wiederkäuer, deren ganzer Verdauungsprozess doch wesentlich anders ist. Einathmungsversuche mit sporenhaltigen Massen fehlen noch ganz. Auch sind Versuche über das Verhalten grösserer Milzbrandcadaver bei verschiedenen Temperaturen, in verschiedenen Bodentiefen und Bodenarten (Thon-, Kalk-, Sandboden, trockener Boden, feuchter Boden, Einfluss des Grundwassers) in Bezug auf die Sporenbildung der Bacillen noch nicht gemacht und es würde doch von höchstem praktischem Werth sein, gerade hierüber sichere Kenntniss zu erlangen. Noch eine Menge Einzelheiten über das Verhalten der Bacillen und ihrer Sporen gegen zerstörende oder ihre Entwickelung hindernde Stoffe, über den Vorgang ihrer Einwanderung in die Blut- und Lymphgefässe müssten erforscht werden. Wenn aber auch noch manche Frage über diesen bisher so räthselhaften Parasiten zu lösen

ist, so liegt sein Lebensweg jetzt doch so weit vor uns offen, dass wir die Aetiologie der von ihm veranlassten Krankheit wenigstens in den Grundzügen mit voller Sicherheit feststellen können.

Vor der Thatsache, dass Milzbrandsubstanzen, gleichviel ob sie verhältnissmässig frisch oder ausgefault oder getrocknet und Jahre alt sind, nur dann Milzbrand zu erzeugen vermögen, wenn sie entwicklungsfähige Bacillen oder Sporen des *Bacillus Anthracis* enthalten, vor dieser Thatsache müssen alle Zweifel ob der *Bacillus Anthracis* wirklich die eigentliche Ursache und das Contagium des Milzbrandes bildet, verstummen. Die Uebertragung der Krankheit durch feuchte Bacillen im ganz frischen Blut kommt in der Natur wohl nur selten vor, am leichtesten noch bei Menschen, denen beim Schlachten, Zerlegen, Abhäuten von milzbrandigen Thieren Blut oder Gewebssaft in Wunden gelangt. Häufiger wird wahrscheinlich die Krankheit durch getrocknete Bacillen veranlasst, welche, wie nachgewiesen wurde, ihre Wirksamkeit einige Tage, im günstigsten Falle gegen fünf Wochen erhalten können. Durch Insekten, an Wolle und dergleichen haftend, namentlich mit dem Staub, können sie auf Wunden gelangen und dann die Krankheit hervorrufen. Bacillenhaltige Massen, welche in Wasser gelangen und dort stark verdünnt werden, verlieren sehr bald ihre Wirksamkeit und tragen zur Verbreitung des Milzbrandes wahrscheinlich nur ausnahmsweise bei.

Die eigentliche Masse der Erkrankungen aber, welche fast immer unter solchen Verhältnissen eintritt, dass die eben genannten Uebertragungsweisen ausgeschlossen werden müssen, kann nur durch die Einwanderung von Sporen des *Bacillus Anthracis* in den Thierkörper verursacht werden. Denn die Bacillen selbst können sich in dauernd trocknem Zustande nur kurze Zeit lebensfähig erhalten und vermögen deswegen sich weder im feuchten Boden zu halten, noch den wechselnden Witterungsverhältnissen (Niederschlägen, Thau) Widerstand zu leisten, während die Sporen dagegen in kaum glaublicher Art und Weise ausdauern. Weder jahrelange Trockenheit, noch monatelanger Aufenthalt in faulender Flüssigkeit, noch wiederholtes Eintrocknen und Anfeuchten vermag ihre Keimfähigkeit zu stören. Wenn sich diese Sporen erst einmal gebildet haben, dann ist hinreichend dafür gesorgt, dass der Milzbrand auf lange Zeit in einer Gegend nicht erlischt. Dass aber die Möglichkeit zu ihrem Entstehen oft genug gegeben ist, wurde früher schon hervorgehoben. Ein einziger Cadaver, welcher unzweckmässig behandelt wird, kann fast unzählige Sporen liefern und wenn auch Millionen von diesen Sporen schliesslich zu Grunde gehen ohne zur Keimung im Blute

eines Thieres zu gelangen, so ist bei ihrer grossen Zahl doch die Wahrscheinlichkeit nicht gering, dass einige vielleicht nach langer Lagerung im Boden oder im Grundwasser, oder an Haaren, Hörnern, Lumpen und dergleichen angetrocknet als Staub, oder auch mit Wasser auf die Haut der Thiere gelangen und hier direct durch eine Wunde in die Blutbahn eintreten, oder auch später durch Reiben, Scheuern und Kratzen des Thieres in kleine Hautabschilferungen eingerieben werden. Möglicherweise dringen sie auch von den Luftwegen oder vom Verdauungskanal aus in die Blut- oder Lympfgefässe ein.

Wenn es nun gelungen ist, die Art und Weise der Verbreitung des Milzbrandes und die Bedingungen aufzufinden, unter denen das Contagium sich immer wieder von Neuem erzeugt, sollte es da nicht möglich sein, unter Berücksichtigung jener Bedingungen das Contagium, also den *Bacillus Anthracis*, in seiner Entwicklung zu hindern und so die Krankheit auf ein möglichst geringes Mass zu reduciren, vielleicht sogar gänzlich auszurotten? Dass diese Frage ein nicht geringes Interesse beansprucht, mag daraus hervorgehen, dass nach Spinola[1]) ein einziger preussischer Kreis (Mannsfelder Seekreis) jährlich für 180,000 Mk. Schafe durch Milzbrand verliert, dass allein im Gouvernement Nowgorod in den Jahren 1867—1870 über 56,000 Pferde, Kühe und Schafe und ausserdem 528 Menschen an Milzbrand zu Grunde gingen[2]).

Die jetzt bestehenden Massregeln gegen den Milzbrand beschränken sich auf Anzeigepflicht, Vergraben der Cadaver in mässig tiefen Gruben, Desinfection und Absperrung des von der Seuche befallenen Ortes. Ganz abgesehen davon, dass erfahrungsgemäss wegen der höchst lästigen Sperrmassregeln die wenigsten Milzbrandfälle angezeigt werden und dass der gerade unter den Schafen am meisten verbreitete Milzbrand fast ganz unbeachtet bleibt und vernachlässigt wird, so muss offenbar das Eingraben der Cadaver in den feuchten Erdboden die Bildung von Sporen und damit die Fortpflanzung des Contagiums eher fördern als dieselbe verhindern. Bis jetzt ist es anscheinend auch noch nirgends wo gelungen, auf diese Weise den Milzbrand dauernd zu beseitigen. Im Gegentheil hat Oemler[3]) seinen Schafverlust an Milzbrand von 21 % pro anno auf 2 % herabgebracht, nachdem er das

[1]) Pappenheim, Sanitätspolizei Band II p. 276.

[2]) Grimm (Virchow's Archiv B. 54 p. 262) citirt nach Bollinger l. c. p. 469.

[3]) Bollinger l. c. p. 453.

Verscharren aller Cadaver ohne Ausnahme auf Feldern und Weiden auf das Strengste untersagt hatte.

Wir müssen uns also nach anderen Mitteln umsehen, um die Heerden von diesem Würgeengel zu befreien und tausende von Menschen vor einem qualvollen Tode zu schützen.

Das sicherste Mittel wäre, alle Substanzen, welche *Bacillus Anthracis* enthalten, zu vernichten. Da es aber nicht ausführbar ist, diese Menge von Cadavern, wie sie der Milzbrand liefert, durch Chemikalien oder Siedehitze unschädlich zu machen, oder gar durch Verbrennen aus dem Wege zu schaffen, so müssen wir auf dieses Radicalmittel verzichten. Wenn es aber auch nur gelänge, die Entwickelung der Bacillen zu Sporen zu verhindern oder wenigstens auf ein Minimum zu reduciren, dann müssten schon die Milzbrand-Erkrankungen immer mehr und mehr abnehmen und schliesslich verschwinden.

Da die Bacillen, wie wir gesehen haben, zur Sporenbildung Luftzufuhr, Feuchtigkeit und eine höhere Temperatur als ungefähr 15° nöthig haben, so muss es genügen, ihnen eine dieser Bedingungen zu nehmen, um sie an der Weiterentwickelung zu hindern. Die schnelle Austrocknung grosser Cadaver würde besondere Apparate erfordern und selbst grössere Schwierigkeiten machen, als das Verbrennen. Dagegen könnte man ohne erhebliche Mühe und Kosten die Milzbrand-Cadaver längere Zeit, auch selbst im Sommer, unter 15° abkühlen, ihnen gleichzeitig den Sauerstoffzutritt beschränken und auf diese Weise die Bacillen zum Absterben bringen. Wenn man nämlich bedenkt, dass im mittleren Europa, also namentlich in Deutschland in einer Boden-Tiefe von 8—10 Metern eine fast constante Temperatur herrscht, welche dem Jahresmittel sehr nahe kommt, also auf jeden Fall unter 15° C. bleibt, so brauchte man nur geräumige Brunnen oder Gruben von dieser Tiefe anzulegen und die Milzbrandcadaver darin zu versenken, um die Bacillen zu vernichten und die Cadaver dadurch unschädlich zu machen. Je nach der Durchschnitts-Zahl der Milzbrandfälle müssten derartige Gruben in geringer oder grosser Zahl für bestimmte Bezirke gemacht werden. Dieselben würden sich in mässiger Entfernung von den Wirthschaftsgebäuden befinden und natürlich mit einem sicheren Verschluss zu versehen sein. Man würde dadurch zugleich den nicht zu unterschätzenden Vortheil erlangen, dass nicht, wie es jetzt gewöhnlich geschieht und wie ich aus eigener Erfahrung weiss, die vorschriftsmässig oder auch vorschriftswidrig vergrabenen Milzbrandcadaver regelmässig von Dieben (oft genug von denselben Leuten,

welche sie am Tage eingescharrt haben) des Nachts wieder herausgeholt, zertheilt und überall hin verschleppt werden.

Vielleicht verhindert auch der Einfluss gewisser Bodenarten oder ein gewisser Feuchtigkeitsmangel und tiefer Grundwasserstand die Sporenentwickelung, worauf das an bestimmte Gegenden gebundene Vorkommen des Milzbrandes und die Abnahme desselben nach ausgedehnten Meliorationen und Entwässerungen hindeutet.

Der von Buhl berichtete Fall[1]), dass Milzbrand unter Pferden auf dem Gestüte Neuhof bei Donauwörth vollkommen aufhörte, als man auf den Rath v. Pettenkofer's den Stand des Grundwassers durch Drainage herabgesetzt hatte, würde gleichfalls hierher gehören.

Auf jeden Fall ist die Möglichkeit, die Entwickelung der Milzbrandsporen zu verhüten, gegeben und das grosse Interesse, welches diese Angelegenheit beansprucht, müsste zu weiteren Versuchen in der angegebenen Richtung auf geeigneten Versuchsstationen dringend auffordern.

Eine Wahrnehmung, welche ich in hiesiger Gegend über das Vorkommen des Milzbrandes gemacht habe, schliesse ich hier noch an, weil dieselbe für die Milzbrandprophylaxis wohl zu berücksichtigen ist. Es ist nämlich auffallend, dass der Milzbrand das ganze Jahr hindurch fast ohne Unterbrechung unter den Schafen herrscht. In den grösseren Heerden fallen fast niemals viele Schafe auf einmal, sondern gewöhnlich einzelne oder wenige in Zwischenräumen von einigen Tagen oder Wochen. Rinder werden weit seltener und nur in grossen Pausen befallen, so dass öfters mehrere Monate, ein halbes Jahr und noch längere Zeit zwischen den einzelnen Fällen liegen. Bei Pferden tritt Milzbrand hier nur ganz ausnahmsweise auf. Es scheint demnach, dass das Schaf das eigentliche Wohnthier des *Bacillus Anthracis* ist und dass er nur unter besonderen Verhältnissen gelegentlich Excursionen auf andere Thierarten macht. Für diese Ansicht spricht auch die Beobachtung von Leonhardt[2]), dass in Bönstadt, welches sehr viel durch Milzbrand litt, derselbe unter den Rindern fast vollkommen erlosch, nachdem man die Schafe abgeschafft hatte, welche im Sommer massenhaft an Milzbrand fielen. Es folgt aber daraus, dass bei allen Massregeln gegen die Seuche der Milzbrand unter den Schafheerden die meiste Beachtung verdient.

V. *Vergleich des Milzbrandes mit anderen Infections-Krankheiten.* Damit, dass der Milzbrand auf seine eigentlichen Ursachen zurückgeführt wurde, ist es gleichzeitig zum ersten Male gelungen,

---

[1]) Bollinger l. c. p. 455. [2]) Bollinger l. c. p. 453.

Licht über die Aetiologie einer jener merkwürdigen Krankheiten zu verbreiten, deren Abhängigkeit von Bodenverhältnissen genügend aufzuklären weder den Anstrengungen der Forschung, noch den kühnsten und verwickeltsten Hypothesen bislang möglich gewesen ist. Es liegt deswegen sehr nahe, einen Vergleich zwischen Milzbrand und den durch ihre Verbreitungsweise ihm nahestehenden Krankheiten, vor Allem mit Typhus und Cholera anzustellen.

Mit Typhus hat der Milzbrand Aehnlichkeit durch die Abhängigkeit vom Grundwasser, durch die Vorliebe für Niederungen, durch das über das ganze Jahr vertheilte sporadische Auftreten und das daneben eintretende Anschwellen der Erkrankungsfälle zur Epidemie im Spätsommer. Die ersten der oben genannten Punkte treffen auch für die Cholera zu; in einer Hinsicht aber stimmt das Contagium der Cholera mit dem des Milzbrandes in so eigenthümlicher Weise zusammen, dass wohl die Annahme eines reinen Zufalls ausgeschlossen werden muss. v. Pettenkofer hat darauf hingewiesen, dass das Cholera-Contagium auf Schiffen, wenn diese kein Land berühren, meist in drei bis vier Wochen abstirbt, nur wenn dasselbe vor dieser Zeit wieder in geeigneten Boden gelangt, vermag sich die Krankheit weiter zu verbreiten. Nehmen wir nun einmal an, dass der Milzbrand eine Krankheit wäre, welche in Indien heimisch ist, und dass von dieser Krankheit befallene Thiere nur nach vier- bis fünfwöchentlicher Seefahrt zu uns gelangen könnten, dann würde gerade so wie bei der Cholera eine Verschleppung auf dem Seewege nicht möglich sein, da sich aus Mangel an feuchtem Boden keine Sporen bilden könnten und die etwa an Gegenständen eingetrockneten Bacillen schon vor Beendigung der Fahrt abgestorben wären. Würden wir noch ferner annehmen, dass der Milzbrand eine Krankheit sei, die nicht durch grosse Bacillen, sondern durch andere ausserordentlich kleine, an der Grenze des Sichtbaren stehende Schizophyten erzeugt werde, welche nicht frei im Blute, sondern (wie die Bacillen in der Pferdemilz) in den weissen Blutkörperchen, in den Zellen der Lymphdrüsen und der Milz versteckt, ihre deletäre Wirkung ausübten, dann müsste man diesen Schizophyten eine noch viel nähere Verwandtschaft mit dem Contagium der Cholera und des Typhus zugestehen. Keine Substanz könnte in der That eine grössere Aehnlichkeit mit dem Contagium dieser Krankheit besitzen, als ein derartiges Milzbrandcontagium.

Bei solchen Betrachtungen regt sich unwillkürlich die Hoffnung, dass auch das Typhus- und Cholera-Contagium in Form von Kugelbacterien oder ähnlichen Schizophyten aufzufinden sein müsse. Dem

stehen jedoch die erheblichsten Bedenken entgegen. Vorausgesetzt nämlich, dass diese Krankheiten von einem belebten Contagium abhängen, so muss angenommen werden, dass dasselbe unsern optischen Hülfsmitteln schwer oder gar nicht zugänglich ist, da viele der geübtesten Mikroskopiker es bis jetzt vergeblich gesucht haben. Sollte ein derartiges Contagium noch gefunden werden, dann würde uns ausserdem, da Typhus und Cholera nicht auf Thiere zu übertragen ist, das einzige Mittel fehlen, um uns stets von der Identität der möglicherweise in ihrer äusseren Gestalt wenig charakteristischen Schizophyten zu überzeugen. Also gerade das, was die Untersuchungen über das Milzbrand-Contagium so einfach und so sicher macht, nämlich die unverkennbare Form der Bacillen und die durch Impfung fortwährend über sie ausgeübte Controle, würden für Typhus und Cholera fehlen. Trotzdem dürfen wir uns durch die für manche Krankheiten vorläufig noch unüberwindlich erscheinenden Hindernisse nicht abschrecken lassen, dem Ziele, so weit als unsere jetzigen Hülfsmittel es zulassen, nachzustreben. Nur darf man nicht, wie bisher, mit dem Schwierigsten beginnen. Erst muss das Nahcliegende erforscht werden, was von unseren Hülfsmitteln noch erreicht werden kann.

Durch die hierbei gewonnenen Resultate und Untersuchungsmethoden müssen wir uns dann den Weg zum Ferneren und Unzugänglicheren zeigen lassen. Das vorläufig Erreichbare auf diesem Gebiete ist die Aetiologie der infectiösen Thierkrankheiten und derjenigen menschlichen Krankheiten, welche, wie Diphtheritis, auf Thiere übertragen werden können. Diese Krankheiten gestatten uns, die für diese Untersuchungen allein nicht mehr ausreichende Kraft des Mikroskops durch das Thier-Experiment zu ergänzen.

Nur mit Zuhülfenahme einer so gewonnenen vergleichenden Aetiologie der Infectionskrankheiten wird es möglich sein, das Wesen der Seuchen, welche das menschliche Geschlecht so oft und so schwer heimsuchen, zu ergründen und sichere Mittel zu finden, um sie fern halten zu können.

Wollstein, Grossherzogthum Posen, 27. Mai 1876.

Figuren - Erklärung.

Tafel XI.

Entwickelungsgeschichte von Bacillus.

Fig. 1—7 **Milzbrandbacillen** (*Bacillus Anthracis*).

Fig. 1. Milzbrand*bacillen* vom Blut eines Meerschweinchens; die *Bacillen* als glashelle Stäbchen, zum Theil mit beginnender Quertheilung oder geknickt, a weisse, b rothe Blutkörperchen (p. 282).

Fig. 2. Milzbrand*bacillen* aus der Milz einer Maus, nach dreistündiger Cultur in einem Tropfen *Humor aqueus;* in Fäden auswachsend, um das 3—8fache verlängert, zum Theil geknickt und gekrümmt (p. 282).

Fig. 3. Gesichtsfeld aus dem nämlichen Präparat nach zehnstündiger Cultur; die *Bacillen* in lange Fäden ausgewachsen, die oft zu Bündeln um einander geschlungen sind; a in einzelnen Fäden erscheinen stärker lichtbrechende Körnchen in regelmässigen Abständen (p. 282).

Fig. 4. Gesichtsfeld aus dem nämlichen Präparat nach 24stündiger Cultur; a in den Fäden haben sich länglich runde Sporen perlschnurartig in regelmässigen Abständen entwickelt; b manche Fäden sind in Auflösung begriffen, die Sporen frei, einzeln oder in Häufchen zusammengeballt (p. 233).

Fig. 5. Keimung der Sporen; a mit Hartnack 9 Imm. von Koch, b mit Seibert VIII. Imm. von Cohn gezeichnet (vgl. p. 289). Die Spore verlängert sich in ein walzenförmiges Körperchen, die stark lichtbrechende Masse bleibt an einem Pole liegen, wird kleiner, zerfällt in 2 oder mehr Partieen und ist schliesslich ganz verschwunden.

Fig. 6. Darstellung der Cultur der Milzbrand*bacillen* in einem hohlgeschliffenen, mit einem Deckglas bedeckten, vermittelst Olivenöl ringsum luftdicht abgeschlossenen und durch einen heizbaren M. Schulze'schen Objecttisch auf Blutwärme erhitzten Objectträger; Natürl. Grösse. Die *Bacillen* befinden sich in einem Tropfen von frischem *Humor aqueus;* schon mit blossen Augen erkennt man die von der Stelle der Aussaat in den Tropfen hineingewucherten, leicht flottirenden äusserst feinen Fadenmassen (p. 284).

Fig. 7. Gesichtsfeld aus der Umhüllungsschicht eines unter die Rückenhaut eines Frosches gebrachten Stückchens von der Milz einer milzbrandigen Maus; die Schicht besteht aus grossen, kernhaltigen Zellen a; in einzelnen Zellen sind mehrere kurze, etwas geknickte oder gekrümmte, zu Haufen vereinigte oder spiralig gedrehte *Bacillen* (b) aufgenommen, welche in den Zellen weiter wachsen und diese zuletzt sprengen; c zusammengefallene Zellmembranen, g freigewordene *Bacillen*spiralen; e Blutkörperchen des Frosches; auch unveränderte *Bacillen* sind sichtbar (p. 301).

Fig. 8—10 **Heubacillen** *(Bacillus subtilis).*

Fig. 8. *Bacillen* in lange, parallel neben einander gelagerte Fäden ausgewachsen, welche ein irisirendes Häutchen auf der Oberfläche eines gekochten Heuaufgusses nach 24—48 Stunden bilden; in den Lacunen der Parallelreihen findet man noch bewegliche kurze (b) oder in Verlängerung begriffene Stäbchen (a) (p. 262).

Fig. 9. Sporenbildung in den gegliederten Fäden der Heu*bacillen* nach 3 Tagen (p 263).

Fig. 10. *Bacillus*fäden bündelweise durch Schleim verbunden und zu krausen Schleimflocken gruppirt; am linken Ende der Zeichnung beginnt die Bildung der Sporenketten in den Fäden (p. 263).

Fig. 11. Fragment eines Schleimbündels, in welchem sich die Bildung der Sporenketten vollendet und die einzelnen *Bacillus*fäden undeutlich geworden, die Sporen aber noch in parallelen Reihen geordnet und durch Schleim zusammengehalten erscheinen (p. 264).

Die Figuren 1—7 sind nach Milzbrand*bacillen* (*Bacillus Anthracis)* von Dr. Koch, Fig. 8—11 nach Heu*bacillen* von Prof. Cohn gezeichnet; vergl. übrigens p. 275. Vergrösserung von 1—7, 8 u. 10 = 650 (gezeichnet mit Hartnack Immers. IX), von 5 b u. 9 Vergr. 1650 (gezeichnet mit Seibert Immers. VIII), von 11 Vergr. 900 (Seibert VI.).

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.



Inhalt von Band I.

Inhalt von Band II.

Heft II.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweiter Band. Dritter Heft.

Mit fünf Tafeln.

Breslau 1877
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

☞ Diesem Hefte sind Titel und Register zu Band I. (erstes bis drittes Heft) beigegeben.

Inhalt von Band I.

Inhalt von Band II.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweiter Band. Drittes Heft.

Mit fünf Tafeln.

Breslau 1877.

J. U. Kern's Verlag

(Max Müller).

Diesem Hefte sind Titel und Register zu Band II. (erstes bis drittes Heft) beigegeben.

anführen. Die vielfachen Angaben über höhere Temperaturen, welche Sporen von Pilzen, Bacterien ertragen können, übergehe ich.

Ueber Erwärmung von Samen liegt eine ganze Reihe von Untersuchungen vor, in denen diese Frage mehr oder weniger eingehend, auch von verschiedenen Gesichtspunkten aus, behandelt wird.

F. Nobbe behandelt diese Frage in seinem Handbuch der Samenkunde S. 226 auf Grund der vorhandenen Literatur. Die von Nobbe citirte Schrift von M. Fleischer: Beiträge zur Lehre vom Keimen der Samen, war mir leider nicht zugänglich. Nobbe theilt auch mehrere Fälle mit (228), in denen es gelang, Samen nach einem Aufenthalt in kochendem Wasser keimfähig zu erhalten. Es gelingt dies jedoch nur bei solchen Samen, die während des Siedens nicht aufquellen, bei denen also das Wasser nicht in das Innere dringt.

Fiedler[1]) machte nach Sachs' Angaben und unter dessen Leitung eine Reihe von Versuchen, bei denen Erbsen, Roggen, Linsen, Gerste, Mais, theils in lufttrockenem Zustand, theils nach vorangehender Quellung durch 24 Stunden, durch je eine Stunde bei verschiedenen Temperaturgraden erwärmt wurden. Es zeigte sich, dass von den lufttrockenen Samen nur Weizen noch eine Temperatur von 70—72° ertrug, aber auch nur mit bedeutender Schädigung der Keimfähigkeit. (Von 100 Samen keimte einer.) Gerste büsst schon mit 65° ihre Keimfähigkeit ein. Nach vorheriger Quellung ertragen nur noch Erbsen eine einstündige Erwärmung auf 53—54°, die Mehrzahl der Erbsen wird jedoch bei dieser Temperatur schon getödtet. (Von 100 Samen keimten 20.) Gerste stirbt schon mit 51° C.

Edwards und Colin[2]) setzten Samen von Hülsenfrüchten und Getreide der Einwirkung von Wasserdämpfen aus, welche 62° C. und 75° C. besassen. Bei 62° C. war nach 15 Minuten nur die kleinere Hälfte getödtet; bei 72° C. hingegen hatten alle Samen ihre Keimfähigkeit eingebüsst.

Für Getreidearten, Hülsenfrüchte genügte schon eine längere Zeit andauernde Einwirkung von warmem Wasser von 35° C., um die Samen zu tödten. In feuchtem Sand ertragen sie längere Zeit 45° bis 60° C.

Pouchet[3]) fand, dass Samen, die in der ungewaschenen brasilianischen Schafwolle sich befanden, zum Theil noch keimten, wenn

[1]) Sachs, Experimentalphysiologie S. 66.

[2]) Mém. de l'acad. des sciences naturelles II. Sér. I. 1834 — Die Originalabhandlung stand mir nicht zur Verfügung, ich citire daher nach Nobbe's Handbuch der Samenkunde S. 228.

[3]) Compt. rend. Bd. 63. S. 939.

die Wolle vier Stunden hindurch zum Zweck der Reinigung mit siedendem Wasser behandelt worden. Es handelte sich zumeist um Medicagosamen. Bei Versuchen, die nun mit andern Medicagosamen vorgenommen wurden, stellte sich heraus, dass nach längerem Kochen dieser Samen sich stets einzelne fanden, in die das Wasser nicht eingedrungen war. Diese Körner hatten ihre Keimfähigkeit zumeist behalten, während die anderen aufgequollenen, getödtet waren. Bei Versuchen mit andern Samen konnte ein analoges Verhalten nicht festgestellt werden. Nobbe[1]) bestätigte diese Erfahrung.

H. Hoffmann[2]) liess Samen (mit den Steinhüllen) von Brombeere und Himbeere durch einige Stunden in siedendem Wasser verweilen, konnte aber nach dieser Behandlung niemals, nachdem die Samen in Erde ausgesäet waren, eine Keimung beobachten.

Wiesner[3]) theilt in einer Abhandlung: „Ueber den Einfluss hoher Temperaturen auf die Keimfähigkeit einiger Samen" mit: dass die Samen einiger Nadelhölzer eine Erwärmung auf 70° C. ertragen ohne die Keimfähigkeit zu verlieren. Einer vorherigen Trocknung waren diese Samen nicht ausgesetzt. Wiesner beobachtete auch, dass in der Mehrzahl der Fälle die erwärmten Samen schneller keimten als die nicht erwärmten.

Haberlandt F.[4]) fand im Jahre 1863, dass Samen unter günstigen Umständen, d. h. wenn sie sehr trocken sind, eine 48stündige Erwärmung auf 100° ertragen, ohne getödtet zu werden. Der in Rede stehende Versuch wurde mit 88 Arten und Varietäten unserer Culturpflanzen aus 17 Familien ausgeführt und von jeder Art 20 Samenkörner entnommen. Die Samen gehörten den nachstehend genannten Familien an:

Gramineen (28 Arten), *Liliaceen* (3), *Chenopodiaceen* (2), *Polygoneen* (1), *Urticeen* (1), *Compositen* (4), *Labiaten* (1), *Ranunculaceen* (1), *Solaneen* (2), *Rubiaceen* (1), *Coniferen* (8), *Papaveraceen* (1), *Lineen* (1), *Umbelliferen* (7), *Cucurbitaceen* (4), *Sanguisorbeen* (1), *Papilionaceen* (18). —

---

1) Versuchsstationen 15. S. 262. — Handb. der Samenkunde S. 228.

2) Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung. Neue Reihe. Jahrgang 44. — 1868. — S. 36.

3) Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften. Bd. 64. I. Abtheilung S. 426.

4) Allgem. land- und forstw. Zeit. I. Bd. 1863, p. 389 ff. Ich entnehme dieses Citat, da mir das Original nicht zur Verfügung stand, der Abhandlung v. Höhnels: „Welche Wärmegrade trockene Samen ertragen ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren," in Wiss. praktische Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues II. S. 79.

Die verschiedenen Species zeigten gegen den Einfluss der hohen Temperatur eine verschiedene Widerstandsfähigkeit. Während bei einer Temperatur von 100° C. eine grössere Zahl von Arten ihre Keimfähigkeit einbüsste, wurde bei der Einwirkung einer Temperatur von 56 oder 75° C. kein schädlicher Einfluss bemerkbar. Viele Samen keimten jetzt sogar früher als nicht erwärmte. —

Diese Haberlandt'schen Versuche ergeben ferner die Thatsache, dass eine vorsichtige und allmähliche Erwärmung lufttrockener Samen auf 56°—87,5° C. im Allgemeinen eine Verkürzung der Keimdauer zur Folge hat. Nimmt man nämlich aus allen Beobachtungen die Mittel, so erhält man für Erwärmungstemperaturen von:

37,5° C. 56° C. 75° C. 87,5° C. 100° C. durch je 48 Stunden, eine mittlere Keimdauer von:

5,45. 5,2. 5,2. 5,03. 7,47 Tagen.

Wie man sieht, nimmt die Keimdauer im Allgemeinen ab; erst bei einer dauernden Erwärmung auf 100° C. tritt eine bedeutende Verspätung ein, die nach Haberlandt möglicherweise zum Theil durch eine ausserordentliche Verhärtung von Samen- und Fruchthäuten bedingt ist.

Krasan[1]) machte Untersuchungen über die Temperaturen, die der Weizensamen ertragen kann, ohne die Keimfähigkeit zu verlieren.

Er fand:

Starke Austrocknung der Samen unter dem Einfluss von Chlorcalcium bei gewöhnlicher Temperatur, hat keinen schädlichen Einfluss auf die Keimung. Getrocknete Samen ertrugen die Erwärmung um so leichter, je sorgfältiger die Austrocknung war. Die Samen büssten, bei sehr sorgfältiger Austrocknung, auch durch eine Temperatur von 100° C. ihre Keimfähigkeit nicht ein, zeigten aber doch eine Schädigung, die sich durch bedeutende Verzögerung des Eintritts der Keimung kundgiebt. Kr. stellte auch Beobachtungen über die Entwicklung der Keimpflänzchen an, und fand, dass dieselben, gegenüber normalen Pflanzen, sich um so langsamer entwickelten, je höher die bei der Erwärmung der Samen angewendete Temperatur war. Das Würzelchen blieb am meisten im Wachsthum zurück.

Ueber die Temperatur von 100° C. wurden diese Untersuchungen nicht fortgesetzt. Eine Beschleunigung der Keimung bei den erwärmten Samen hat K. nie beobachtet.

---

[1]) Sitzungsb. der Wiener Akademie der Wissenschaften, Wien 1873. LXVIII. Bd., I. Abth. p. 195.

In den Sitzungen der botanischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Breslau[1]) hielt ich einen Vortrag über die Einwirkung höherer Temperaturen auf die Keimfähigkeit der Samen von *Trifolium pratense*. — Ich hatte festgestellt, dass die Samen bei einer Temperatur, die oberhalb 39° C. liegt, nicht mehr keimen. Samen, die in dunstgesättigter Atmosphäre einer Temperatur von 75° C. durch eine Stunde ausgesetzt waren, büssten ihre Keimfähigkeit ein. Es kommt hierbei auf die Dauer der Einwirkung an, so dass solche Samen, die durch 48 Stunden eine Temperatur von nur 50° C. in dunstgesättigter Luft ertragen hatten, nicht mehr keimten. Samen, die vor und während des Erwärmens sorgfältig getrocknet wurden, büssten erst nach Einwirkung einer Temperatur von 120° C. ihre Keimfähigkeit vollkommen ein, während sie Temperaturen, die unterhalb 120° C. lagen, ertrugen. Es handelte sich hierbei um Temperatureinwirkungen durch $\frac{1}{2}$—2 Stunden. Unter allen Umständen zeigt sich, dass Samen, die einer hohen Temperatur ausgesetzt waren, meist langsamer und in geringerer Anzahl keimten, als solche, die eine niedere Temperatur ertragen hatten. Je sorgfältiger die Trocknung, desto geringer die Schädigung durch die hohe Temperatur. Jedoch kann man auch durch die sorgfältigste Trocknung eine sehr bedeutende Schädigung durch Temperaturen über 100° C. nicht beseitigen. Samen von *Trifolium pratense*, die sehr sorgfältig getrocknet und auf 100 und mehr Grad erwärmt waren, zeigten eine grössere Schädigung, wenn ihnen das für die Keimung nöthige Wasser schnell, während sie noch heiss waren, gegeben wurde, als wenn sie dasselbe langsam erhielten. Es entspricht dies ähnlichen Vorgängen, die man an Pflanzen, die Frostwirkungen unterlagen, beobachtete.

v. Höhnel[2]) erwärmte Samen verschiedener Arten auf höhere Temperaturen und kam zu folgenden Resultaten:

1) Die meisten Samen können eine einstündige Erwärmung auf 110° C. durchmachen, wenn sie nur hinreichend trocken sind.
2) Die Maximaltemperatur, bis zu welcher Samen wenigstens 15 Minuten erwärmt werden können ohne ganz ihre Keimfähigkeit zu verlieren, liegt zwischen 110° und 125° C.

Im Uebrigen beweisen die Höhnel'schen Versuche, dass die

---

1) Botan. Zeitung 1875. S. 52.

2) v. Höhnel. Welche Wärmegrade trockene Samen ertragen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen. — Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues, herausgegeben von F. Haberlandt. Bd. II. S. 77.

Schädigung der Samen um so grösser ist, je weniger sorgfältig die Trocknung stattfand. Die Schädigung giebt sich immer durch geringere Keimfähigkeit und Verlängerung der Keimdauer kund. —

Höhnel macht sehr richtig darauf aufmerksam, „dass es nicht statthaft ist, einen bestimmten Temperaturgrad als Grenzwerth für eine bestimmte Art anzugeben, da ein solcher nur für ein bestimmtes Samenindividuum gilt, nicht aber für eine ganze Art, oder gar für alle Arten. Jene Individuen derselben Art, welche die längste Keimdauer haben, sind ihrem Tode am nächsten und werden auch unter den gewöhnlichsten Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zuerst zu Grunde gehen, und daher auch bei geringeren Hitzegraden erliegen. Es finden zwischen den in allen Theilen bereits todten Samen und den ganz gesunden alle möglichen Uebergänge statt.“

Es ist auch wohl sicher, dass Samen derselben Art, die unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen, überhaupt unter verschiedenen Vegetationsbedingungen entstanden sind, sich in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Erhitzung verschieden verhalten.

Höhnel berücksichtigte auch die von mir angeregte Frage, ob stark getrocknete und erhitzte Samen bei schneller oder langsamer Wasserzuführung sich verschieden verhalten. Ich komme auf diesen Punkt weiter unten zurück.

Eine Beschleunigung der Keimung durch Erwärmung, wie sie von Haberlandt und Wiesner beobachtet wurde, konnte Höhnel in einzelnen Fällen auch constatiren, ohne jedoch „diesen schwer verständlichen Vorgang damit näher beleuchten zu können.“ Bei der Erwärmung befanden sich die Samen in den Höhnel'schen Versuchen in geschlossenen Reagenzgläsern. Die Samen wurden, was gewiss sehr vortheilhaft ist, mit feinen Messingfeilspähnen umgeben, damit ihre vollkommnere Erwärmung rascher vor sich gehen konnte.

Haberlandt[1]) stellte Versuche über die Frage an, welchen Einfluss die Temperatur des Quellungswassers auf die Keimfähigkeit hat. Die Untersuchungen wurden mit Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Hirse, Mohar, Moorhirse, Hanf, Buchweizen, Zuckerrüben, Lein, Rothklee, Luzerne, Fisolen, Erbsen, angestellt. Für jeden Einzelversuch kamen 100 Samen zur Verwendung. Die Versuche wurden in zweierlei Richtung angestellt, indem die Samen entweder direct in das auf eine bestimmte Temperatur gebrachte Wasser kamen, und

[1]) Haberlandt, Fr. Der Einfluss des Quellungswassers verschiedener Temperaturen auf die Keimfähigkeit der Samen. Wissenschaftl. prakt. Untersuchungen etc. Bd. II. S. 47.

dieser constanten Temperatur dann durch 5—10 Stunden unterlagen, oder indem sie erst 24 Stunden in Wasser von 12—15° C. gehalten wurden und dann in das Wasser von bestimmter Temperatur kamen.

Die Temperaturschwankungen des Wassers betrugen 30, 40, 50, 55° C. — Die Temperaturen von 30—40° C. wirkten durch 10 Stunden, die höhern Grade durch 5 Stunden. Von den Hauptgetreidearten kamen die Körner sowohl durch 5 wie durch 10 Stunden in den Wärmkasten.

Haberlandt[1]) hatte in einer frühern Arbeit die höchsten Keimungstemperaturen für eine Reihe von Samen festgestellt. Bei den oben erwähnten Versuchen stellte sich nun heraus, dass die Temperatur des Quellungswassers, ohne die Samen zu tödten, höher sein konnte als die höchste Keimungstemperatur. Für Weizen z. B. liegt die Grenze der Keimungstemperatur zwischen 31° C. und 37° C., während nach zehnständigem Einquellen des Weizens in Wasser von 50° C. noch 62% keimen.

Es kommt hierbei also lediglich auf die Dauer der Einwirkung an, denn Wasser von wenig mehr als 37° C. tödtet die Samen, wenn es durch eine so lange Zeit einwirkt, wie sie die Samen unter gewöhnlichen Bedingungen von der Aussaat in das feuchte Keimbett, bis zum Beginn der Keimung brauchen. Dies beweisen auch schon die oben erwähnten Untersuchungen von Edwards und Colin.

Ferner zeigt H., „dass sich die nachtheilige Wirkung des warmen Quellungswassers bei jenen Samen, die vor der Einbringung in das warme Wasser noch durch 24 Stunden in Wasser von gewöhnlicher Zimmertemperatur eingeweicht waren, durchgehends in viel höherem Grade geltend macht, als bei jenen, welche eine solche vorhergehende Quellung nicht erfahren hatten."

„Die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Arten gegen die schädigenden Einflüsse ist eine verschieden grosse und bei den einzelnen Versuchen wechselnde."

Ferner untersuchte H., „ob für manche Samen auch die Einwirkung des Quellungswassers von gewöhnlicher Temperatur von Belang sei. Die Versuche wurden mit den Samen der Hauptgetreidearten so angestellt, dass je 100 Körner ohne vorausgehende Quellung, je 100 nach 24stündiger Quellung in kaltem und lauwarmem Wasser zur Keimung angestellt wurden. Die einzuquellenden Körner wurden in offenen Bechergläsern theils in einem ungeheizten Zimmer, theils

---

[1]) Landw. Versuchsstationen B. 17. S. 104.

in einem Wärmkasten, bei einer constanten Temperatur von + 3° C. und + 18—20° C. in destillirtem Wasser eingeweicht. Die Versuche zeigten, dass Weizen, Roggen, Rispenhirse, Mais, Reis, gar nicht oder kaum merklich durch das Einquellen in ihrer Keimfähigkeit alterirt wurden, während sich ein entschieden schädlicher Einfluss bei Gerste und Hafer geltend machte. Gerste leidet mehr als Hafer, der nur im bespelzten Zustand sich geschädigt zeigt. Der nachtheilige Einfluss steigert sich mit der Temperatur."

Haberlandt giebt nicht an, wie hoch die Wassersäule war, die in den Bechergläsern über den eingequellten Samen stand. Ich glaube aber, dass hierauf sehr viel ankommt, denn je höher die Wassersäule, um so weniger Sauerstoff werden die Samen während der Quellung erhalten und dieser Sauerstoffmangel dürfte schon an sich eine Schädigung der Keimfähigkeit veranlassen. Wenigstens habe ich bei den Untersuchungen in der hiesigen Samenprüfungsanstalt wiederholt die Erfahrung gemacht, dass solche Samen, die bei der, vor dem Eintragen in den Keimapparat vorgenommenen Quellung mit einer Wasserschicht von 4—6 Centimeter Höhe bedeckt waren, schlechter keimten als Samen derselben Probe, die nur unter einer Wasserschicht von $\frac{1}{2}$—1 Centimeter lagen.

Der Mangel an Sauerstoff dürfte auch bei den oben erwähnten Versuchen H.'s die schädigende Wirkung des warmen Wassers unterstützt haben, da die Einquellung in zugestöpselten Pulvergläsern vorgenommen wurde. Solche zugestöpselten Gläser wurden den offenen vorgezogen, weil es bei denselben der Verdunstung wegen nicht möglich war, eine constante Temperatur des Wassers zu erhalten.

„Beim Mais bewirkte der Aufenthalt in warmem Wasser von 30 und 40° C., durch 5 und 10 Stunden eine Beförderung der Keimfähigkeit, selbst dann, wenn der Einwirkung des warmen Wassers eine 24stündige Einquellung vorausging."

Haberlandt[1]) stellte für eine Reihe von Samen fest, dass bei denselben die Keimung um so rascher eintritt und um so schneller verläuft, je jünger die Samen sind. Am schnellsten verlor Roggen seine Keimfähigkeit, auch Weizen zeigte schon nach wenig Jahren eine bedeutende Verminderung seiner Keimkraft, am längsten blieb Hafer keimfähig. —

---

[1]) Allgem. land- und forstwirthschaftliche Zeitung 1861, S. 261. — Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesammtgebiet der Agriculturchemie B. 4. S. 72.

Haberlandt hat auch ausführliche Untersuchungen über die Dauer der Erhaltung der Keimfähigkeit verschiedener Samen gemacht [1]). Die Samen erhielten ihre Keimfähigkeit um so länger, je trockener sie aufbewahrt waren. Die Versuche erstreckten sich über einen Zeitraum von 10 Jahren.

Ueber diese Frage veröffentlichte auch Nic. Dimitrievicz [2]) eine Abhandlung, die die von Fr. Haberlandt gewonnenen Resultate bestätigte. D. arbeitete mit 21 Samenarten, die ein Alter von 6—12 Jahren hatten und die seiner Zeit von Haberlandt aufbewahrt worden waren.

Die letzten Abhandlungen, die direct mit der hier behandelten Frage nichts zu thun haben, habe ich in dieser Zusammenstellung der einschlägigen Literatur deshalb berücksichtigt, weil die Erscheinungen, die bei erwärmten Samen sich geltend machen, sehr viel Aehnlichkeit mit denjenigen haben, die man an den durch lange Zeiten hindurch (Jahre) unter verschiedenen Bedingungen bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrten Samen beobachtet.

W. Velten [3]) veröffentlichte eine Abhandlung über die Folgen der Einwirkung der Temperatur auf die Keimfähigkeit und Keimkraft der Samen von *Pinus Picea*, *Du Roi.* — V. unterscheidet zwischen Keimfähigkeit und Keimkraft. Unter Keimfähigkeit (Keimvermögen) versteht er „das Verhältniss des Keimprocentes für eine bestimmte oder unbestimmte Zeit, während welcher ein Same den Keimungsbedingungen ausgesetzt ist, gleichviel ob derselbe in einer gewissen Zeit einen grossen oder kleinen Keimling zum Vorschein kommen lässt." „Die Keimkraft (Keimungsenergie) hingegen wird daraus abgeleitet, ein wie grosses Volumen oder Gewicht oder welche Länge ein ausgewachsener Embryo für eine gegebene Zeit besitzt."

Diese Definition für Keimkraft ist keineswegs ganz zutreffend. Bei gleicher Keimungsenergie können sicherlich Volumen und Gewicht zweier Keimpflanzen sehr verschieden ausfallen, wenn die ursprünglichen Samen nicht ganz gleichartig sind. Man muss jedenfalls Samen voraussetzen, bei denen das Verhältniss zwischen dem Gewicht des Embryos und der Reservestoffe durchaus dasselbe ist, in denen

---

1) Die Keimfähigkeit der Getreidekörner, ihre Dauer und die Mittel ihrer Erhaltung. Wiener landw. Zeitung 1873, S. 126. — Botanischer Jahresbericht I. S. 259.

2) Fr. Haberlandt, Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues, Bd. I. S. 98.

3) Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. 74, II. Abth.

überdies die Gewichte der Embryonen sowohl wie der Reservestoffe gleich sind, in denen endlich Embryonen und Reservestoffe von durchaus gleicher Beschaffenheit, gleicher Entwickelung sind. Man wird mit einiger Sicherheit Samen, die diesen Anforderungen entsprechen, erhalten, wenn man dieselben zu gleicher Zeit von derselben Pflanze erntet und ausserdem nur solche von möglichst gleicher Beschaffenheit und besonders von gleichem Gewicht verwendet. Ferner wird man einen Ausdruck für die Keimungsenergie nicht von einer einzelnen Keimpflanze herleiten dürfen, sondern hierzu besser ein Durchschnittsresultat, das sich aus der Verwendung einer grösseren Anzahl von Keimpflanzen ergiebt, verwenden. Endlich ist es nicht zweckmässig, wie in obiger Definition geschehen, ganz allgemein vom Gewicht der Keimpflanzen zu sprechen; die Hauptsache ist jedenfalls das Trockengewicht. Dass man, um überhaupt einen brauchbaren Vergleich zwischen zwei Keimpflanzen anstellen zu können, im Stande sein muss, die Vegetationsbedingungen, unter denen die Pflanzen erzogen werden, vollkommen zu übersehen, ist selbstverständlich.

Velten benützte dann zur Bestimmung der Keimungsenergie lediglich die Volumengrössen der Keimpflanzen, da brauchbare Gewichtsbestimmungen wegen der stattfindenden Verdunstung schwer durchführbar waren, und Längenmessungen nicht gut brauchbar sind, da gleich lange unter gleichen Verhältnissen erwachsene Keimpflanzen „dick und dünner sein können." V. machte übrigens bei dieser Gelegenheit selbst einen Theil der obigen Erwägungen.

Die von V. verwendeten Samen waren von demselben Standorte zu gleicher Zeit geerntet. Die Samen wurden ohne vorherige Austrocknung durch 4 Stunden Temperaturen von 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100° C. ausgesetzt, dann bei einer Temperatur von 24° C. durch 24 Stunden eingequellt, und endlich in Keimapparate gebracht, die in einem Thermostaten standen, in welchem constant eine Temperatur von 24° C. herrschte. Die Keimversuche wurden, um die durch das Licht veranlassten Differenzen im Volumen auszuschliessen, alle im Dunkeln angestellt. Die Versuche wurden stets auf eine Zeit von 14 Tagen ausgedehnt. Ein Same wurde als gekeimt angenommen, wenn er, horizontal gelegt, an seiner austretenden Wurzelspitze eben die Wirkung der Schwerkraft durch eine schwache Krümmung nach abwärts verrieth.

Ich halte die Zeit von 14 Tagen für Keimversuche mit Samen von Nadelhölzern für viel zu kurz, denn es ist keineswegs richtig, dass die nach 14 Tagen noch keimenden Samen, „ausgesprochen leidend" sind. Samen, die länger als 14 Tage in den Keimappara-

ten liegen, werden freilich leicht von Pilzen befallen, wenn man die Samen aber möglichst gegen das Verschimmeln schützt (Keimung in Erde), so erwachsen aus Samen, die selbst erst nach mehreren Wochen anfangen zu keimen, noch durchaus gesunde und normale Pflanzen.

Bei den Volumenbestimmungen benutzte V. die Keimpflanzen mit den Samenresten (Schalen). Nun ist es mir aber nach eigenen Versuchen sehr wahrscheinlich, dass die Aufquellungsfähigkeit der Samenschalen durch Erhitzen der Samen nicht unbedeutend vermindert wird. Wenn V. somit an den aus erhitzten Samen erzogenen Keimpflanzen geringere Volumina beobachtete als an den aus den nicht erhitzten Samen gewonnenen Pflanzen, so ist jedenfalls ein Theil dieser Volumendifferenz auf die erwähnte geringere Quellungsfähigkeit der Schalen zurückzuführen. Immerhin aber werden die von V. vorgenommenen Volumenbestimmungen noch geeignet sein, uns wenigstens eine Vorstellung von der Grösse der Keimungsenergie in den ersten Stadien der Keimung zu geben.

„Eine erste Versuchsreihe ergab nun, dass mit Erhöhung der Temperatur das Keimvermögen allmählich abnimmt, dass durch eine einstündige Erwärmung auf 80° C. der Nullpunkt der Keimfähigkeit fast erreicht ist. Die erwärmten Samen keimten fast durchgehends langsamer als die unerwärmten. Ein $\frac{1}{4}$stündiges Erhitzen auf 40 bis 45° C. hatte kaum einen Einfluss auf die Keimfähigkeit.“

„Die Volumenbestimmungen ergaben, dass nicht nur das Keimungsvermögen, sondern auch die Keimkraft mit Erhöhung der Temperatur abnimmt, bis sie sich schliesslich dem Werthe Null nähert. Die Abnahme des Volumens erfolgt allmählich, man kann sagen proportional der Zunahme der Temperatur.“

Die von V. mitgetheilten Zahlen zeigen diese Proportionalität keineswegs. Bei der Temperatursteigerung

von 55—60° C. fiel das Volumen von 3,7 auf 3,4,
„ 60—65° C. „ „ „ „ 3,4 „ 3,0,
„ 65—70° C. „ „ „ „ 3,0 „ 1,9,
„ 70—75° C. „ „ „ „ 1,9 „ 1,8.

Die Volumina beziehen sich auf je 100 Keimpflanzen.

„Die Abnahme des Keimvermögens und der Keimkraft erfolgt in Folge der Erwärmung nicht in demselben Verhältniss.“

Bei einer zweiten Versuchsreihe ergaben sich im Allgemeinen ähnliche Resultate, aber es zeigte sich mit der Erhöhung der Temperatur ein wiederholtes Steigen der Keimzahl, wenn auch die der unerwärmten Samen nicht erreicht wurde. Bei Berücksichtigung der

Volumina der gekeimten Samen zeigte sich jedoch, dass die Keimkraft mit der Erhöhung der Temperatur allmählich abnimmt.

Bei den geringen Differenzen, die sich bei dieser zweiten Versuchsreihe ergaben, ist mir jedoch die Berechtigung jenes Schlusses sehr zweifelhaft. Ich führe hier die V.'sche Tabelle an, in der t = Temperatur, v. = Volumen ist.

t.	v.
0° C.	2,6.
40 „	2,7.
50 „	2,7.
60 „	2,3.
70 „	2,2.
80 „	1,8.

Die Volumina beziehen sich wieder auf 100 Pflanzen. Die höchste beobachtete Differenz beträgt nur 0,4 Ccm., eine Differenz, die wohl ebenso leicht durch eine Abnahme in der Quellungsfähigkeit der Samenschalen, wie durch eine verminderte Keimungsenergie hervorgebracht sein kann.

Sehr interessant sind einige weitere Untersuchungsresultate, die V. mittheilt. Fichtensamen, die im Winter nach der Ernte zur Keimung gebracht wurden, zeigten ein sehr geringes Keimprocent, während dieselben Samen im nächstfolgenden Sommer zur Keimung gebracht, eine sehr grosse Keimfähigkeit zeigten. Dieselben Samen nun, die im Winter jene geringe Keimfähigkeit zeigten (21%) wurden durch Erwärmung auf 55° C. durch 3 Stunden 21 Minuten zu einer sehr grossen Keimfähigkeit gebracht (97%). Veränderungen, die also unter natürlichen Verhältnissen die Länge der Zeit und die höhere Sommertemperatur ganz allmählich hervorbringt, wurden durch den Einfluss einer Temperatur von 55° C. schnell bewirkt. Es wäre sehr wichtig zu untersuchen, ob bei irgend welchen anderen Samen sich ähnliche Erscheinungen geltend machen. Höchst wahrscheinlich sind wohl durch dieses Verhalten die von einigen Autoren mitunter beobachteten Thatsachen zu erklären, bei denen durch eine nicht zu weit getriebene Temperaturerhöhung nicht, wie gewöhnlich, eine Schädigung der Keimfähigkeit eintrat, sondern vielmehr eine Beförderung derselben. (Vergleiche oben S. 313. 314. 316.) Ebenso wie die Keimfähigkeit hatte auch die Keimkraft bei den im Winter auf 55° C. erwärmten Samen sehr zugenommen.

Ich halte übrigens für möglich, dass diese ganze Erscheinung darauf zurückzuführen ist, dass die Samen durch längeres Liegen, Risse in den Samenschalen bekommen und somit leichter aufquellen und keimen. Eine derartige Beförderung des Aufquellungsvermögens wird auch leicht durch Erwärmung erzielt werden können. — Samen, die im Winter, also kurze Zeit nach der Ernte, zu den Keimversuchen verwendet werden, haben jedenfalls noch eine sehr dichte

und wenig rissige Samenschale, die bei den Samen der Fichte ja ohnehin sehr fest ist. Man hat zunächst jedenfalls nicht nöthig, zur Erklärung jener Erscheinung tiefgehende physiologische Veränderungen im Samen vorauszusetzen. Hätte Velten seine Keimversuche durch längere Zeit als durch 14 Tage fortgesetzt, so würde er wohl auch im Winter eine höhere Keimfähigkeit der Samen beobachtet haben. Jedenfalls bedarf und verdient diese Frage einer erneueten Untersuchung.

Bei weiteren Untersuchungen, die ebenfalls im Winter an im vorhergehenden Herbst geernteten Samen vorgenommen wurden, suchte V. den Einfluss verschieden langer Erwärmung festzustellen. Bei einer Temperatur von 40° C. zeigte sich der günstige Einfluss der Erwärmung noch nach einer Einwirkung durch 41 Stunden. Bei 50° zeigt sich ein günstiger Einfluss bis zur Dauer durch 8 Stunden, während die durch 12 Stunden fortgesetzte Temperatureinwirkung schon eine Schädigung veranlasst. Aehnliches zeigt sich bei 60°. Höhere Temperaturen kamen nicht zur Anwendung.

Velten stellt am Schlusse seiner Abhandlung die gewonnenen Resultate wie folgt, zusammen:

1) Das Keimprocent sowohl, wie die Keimgeschwindigkeit, giebt keinen sichern Aufschluss über die Keimkraft der Samen.
2) Die Erwärmung der Samen kann einen günstigen oder ungünstigen Einfluss auf das Keimungsvermögen ausüben, je nachdem der physiologische Zustand ist, in dem der Same sich befindet.
3) Die Zeitdauer der Erwärmung ist von wesentlichem Einfluss auf die Entwickelung der Samen, indem längeres Erwärmen auf niedere Temperaturen denselben Effect wie kurzes Erwärmen auf höhere Temperaturgrade hervorrufen kann[1]).

Methoden.

Fast alle Keimungen wurden in den Nobbe'schen Keimapparaten vorgenommen. Die Apparate standen in einem Zimmer, in welchem durch einen Regulirofen, der fortdauernd in Brand war, Monate hindurch eine nahezu constante Temperatur erhalten wurde[2]). Die gekeimten Samen wurden täglich zu derselben Zeit aus den Keimapparaten entfernt. Selbstverständlich war dafür gesorgt, dass die Feuchtigkeitsverhältnisse in allen Apparaten möglichst gleichartig waren. Zu jedem Keimversuch wurden 100 Samen verwendet.

[1]) In dieser Fassung ist der Satz sicher nicht richtig. J.

[2]) Ich kann die Meidinger'schen Füllöfen zur Herstellung constanter Temperaturen in grossen Räumen ganz besonders empfehlen.

Das Trocknen der Samen wurde mitunter durch Einstellen derselben in einen mit Schwefelsäure versehenen Exsiccator bewerkstelligt. In der Mehrzahl der Fälle jedoch wurden die Samen in folgender Weise getrocknet: In ein Reagensglas kam eine mit ausgeglühtem Chlorcalcium gefüllte Papierhülse. Auf diese Hülse wurde eine zweite gesetzt, die die Samen enthielt, auf diese endlich wieder eine dritte, die wieder mit Chlorcalcium gefüllt war. Die so beschickten Gläser wurden durch gut schliessende Korke abgeschlossen und dann noch mit einer Kautschuckkappe versehen. Wenn es darauf ankam direct die Temperatur der Samen abzulesen, so war durch den Kork ein Thermometer in das Reagensglas eingeführt und der Kork wurde dann mit einem aus Mehl und Leim hergestellten Kitt verschmiert. — In einzelnen Fällen wurden beide Trocknungsmethoden combinirt. Ueber die Dauer der Austrocknung finden sich die näheren Angaben unten in der Beschreibung der einzelnen Versuche. — Alle Erwärmungen der Samen fanden für Temperaturen bis zu 60° C. in Horstmann'schen Thermostaten statt, die mit Hilfe eines Thermoregulators sehr leicht Monate hindurch auf einer constanten Temperatur erhalten werden können. Eine Beschreibung dieser Thermostaten gebe ich im Anhang. Für Temperaturen von 60—100° und darüber, wurden einfache Thermostaten verwendet und zwar grosse Gefässe aus verzinntem Eisenblech, die am Boden und an den Seiten mit einer doppelten Wand versehen sind und durch einen doppeltwandigen Deckel verschlossen werden. Der Raum zwischen den beiden Wänden wird für Temperaturen bis zu 100° mit Wasser gefüllt, für höhere Temperaturen mit Glycerin von wechselnder Concentration oder mit Oel. Die zur Erwärmung dienende Gasflamme wird ebenfalls durch einen Thermoregulator regulirt.

Versuche.

Erste Versuchsreihe.

Welches ist die höchste Temperatur, bei der die Samen von Hafer und Gerste überhaupt noch keimen?

Die mehrfach wiederholten Versuche ergaben:

	Höchste Keimungstemperatur.		
	Just.	Sachs [1]).	Haberlandt [2]).
Gerste	37—38° C.	36,2—37,5° C.	31,25—37,5° C.
Hafer	37—38,5° C.	Nicht untersucht.	31,25—37,5° C.

[1]) Pringsheim's, Jahrbücher II. S. 364.
[2]) Versuchs-Stationen XVII. S. 113.

Ich habe in der vorstehenden Tabelle die früher von Sachs und Haberlandt gefundenen Zahlen neben die meinigen gestellt. Alle Zahlen stimmen nahezu überein. Bei den einzelnen Versuchen ergeben sich übrigens immer kleine Differenzen in der Anzahl der gekeimten Samen. Es ist sicher, dass es für eine Species kein ganz bestimmtes Temperatur-Maximum für die Keimung giebt; je nach der Abstammung der Individuen einer Species, je nach dem Grade der Ausbildung, nach dem Alter etc. wird die Maximaltemperatur, bei der noch Keimung eintritt, etwas höher oder niedriger liegen. Beim Hafer waren durch eine Temperatur von 38,5° C. die Samen zumeist getödtet, in einzelnen Fällen aber kamen einige zur Keimung.

Die Samen erleiden durch den Einfluss der höchsten Keimungstemperatur eine Schädigung, die sich zunächst dadurch bekundet, dass die Keimung später eintritt, als bei der günstigsten Keimungstemperatur (Optimum). Bei Hafer und Gerste beträgt diese Verzögerung gegenüber dem Optimum gegen 24 Stunden. Die Verzögerung ist bei Gerste etwas grösser, als bei Hafer. — Auf dieses Verhalten macht auch F. Haberlandt[1]) aufmerksam und besonders Sachs[2]).

Bei den vorstehend erwähnten Versuchen lagen die Samen in flachen Porzellanschalen auf feuchtem Fliesspapier. Die Schalen standen in den auf die betreffenden Temperaturen gebrachten Thermostaten. Die Thermometer waren unmittelbar zwischen die Keimpflanzen gestellt. In den Thermostaten befanden sich Gefässe mit Kalilauge zur Absorption der gebildeten Kohlensäure.

Zweite Versuchsreihe.

Wie verhalten sich die Samen von Gerste und Hafer in ihrer Keimfähigkeit, wenn sie in dunstgesättigter Luft verschiedenen Temperaturen ausgesetzt werden?

Durch mehrere Vorversuche stellte sich heraus, dass von den verwendeten Samen unter den gewöhnlichen Verhältnissen im Versuchsraum bei einer Temperatur von 20° C., von 100 Samen Gerste durchschnittlich 95, von Hafer 96 Samen keimten. Die Keimung war stets in längstens acht Tagen beendet und verlief derartig, dass schon nach 24 Stunden eine kleine Anzahl Samen keimte (5—10), dass nach ungefähr 60 Stunden eine grosse Zahl gekeimt war

---

[1]) Versuchs-Stationen B. XVII. S. 114. — Die oberen und unteren Temperaturgrenzen für die Keimung der wichtigeren landwirthschaftl. Sämereien.

[2]) Pringsheim's Jahrb. II. S. 352—360. Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur.

(40—50). Die übrigen 30—45 Samen vertheilen sich dann auf die nächsten Tage und zwar in allmählich abnehmender Zahl. Die Keimung ist also eine ungleichförmige, mit einem Maximum am zweiten oder dritten Tage. Diese Erfahrung macht man übrigens bei allen Keimversuchen mit gesunden Samen unter normalen, günstigen Keimungsbedingungen. Selbstverständlich verschiebt sich der Eintritt des Keimungsmaximums, je nachdem die betreffende Species eine längere oder kürzere Zeit zur Keimung nöthig hat. Jedenfalls aber liegt dieses Keimungsmaximum bei allen Samen, die nicht sehr lange Zeit zur Keimung brauchen, wohl immer in der ersten Hälfte der Keimungszeit.

Um die Samen in dunstgesättigter Luft zu erhalten, wurde in den Thermostaten Wasser gegossen. Die Samen lagen in einer flachen Glasschale. Diese Schale war, um die Samen vor dem von dem Deckel des Thermostaten abtropfenden Wasser zu schützen, mit einer zweiten gewölbten Schale, deren Rand über die erste Schale übergriff, bedacht. Es war dafür gesorgt, dass die zweite Schale nicht fest auf der ersten auflag, so dass der Zutritt der dunstgesättigten Luft zu den Samen nicht gehindert war. Die Versuche wurden für die Temperaturen von 30°, 40°, 50°, 60°, angestellt. Die Samen blieben durch verschieden lange Zeiten in den Thermostaten und kamen dann in die Keimapparate.

A. Wirkung der Temperatur von 30°.

Tabelle I.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Im Ganzen.
a¹.	4 Tage.	0	12	51	12	8	—	2	2	1	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92
b¹.	4 „	11	46	14	12	10	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97
a².	6 „	0	6	30	12	8	6	5	5	4	4	3	1	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	84
b².	6 „	0	30	17	10	8	7	7	3	3	3	2	2	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92
a³.	13 „	0	0	13	27	13	10	8	5	—	5	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	88
b³.	13 „	0	0	13	27	6	2	2	—	—	3	—	2	2	2	2	1	2	1	—	—	—	—	65
a⁴.	25 „	—	—	—	—	5	6	—	4	—	3	—	3	3	1	—	—	—	—	—	—	2	1	28
b⁴.	25 „	—	0	2	1	19	7	—	4	—	3	3	4	5	1	2	1	2	1	2	1	—	—	58

In der Tabelle bedeutet a Gerste, b Hafer. Es ist ersichtlich, dass der Hafer einen Aufenthalt in dunstgesättigter Luft durch vier

Stunden ohne Schädigung erträgt, während bei der Gerste unter diesen Verhältnissen bereits eine Verzögerung der Keimzeit eintritt. Je länger die Samen bei 30° in dunstgesättigter Luft verweilen, desto grösser wird die Schädigung, die sich durch immer grössere Abnahme der Keimfähigkeit und immer längere Keimdauer kundgiebt. Das Keimungsmaximum tritt immer später auf und wird überdies um so undeutlicher, je länger die Einwirkung der erwähnten Verhältnisse stattfindet [1]). Die Gerste wird mehr geschädigt, als der Hafer.

Es ist bekannt und zumal durch F. Haberlandt (siehe oben S. 318) durch ausgedehnte Versuche festgestellt, dass Samen unter den gewöhnlichen Verhältnissen ihre Keimfähigkeit je nach der Species und je nach der Individualität, mehr oder weniger schnell einbüssen. Während für Gerste und Hafer unter gewöhnlichen Bedingungen Jahre nöthig sind, um die Keimfähigkeit ganz aufzuheben, genügen dazu bei einer Temperatur von 30° C. in dunstgesättigter Luft wenige Monate. Ich habe die Keimversuche mit Samen, die länger als 25 Tage im Thermostaten weilten, nicht mehr angestellt, denn nach dieser Zeit waren die Samen regelmässig so sehr von Pilzen befallen, dass sie nicht mehr als brauchbares Material für weitere Untersuchungen dienen konnten. Die angestellten Versuche genügen übrigens schon vollkommen um zu zeigen, dass unter den erwähnten Versuchsbedingungen eine verhältnissmässig kurze Zeit genügt, um die Samen zu tödten. Wollte man einen bestimmten Ausdruck für die Zeit gewinnen, in welcher die Samen getödtet werden, so müsste man die Versuche so vornehmen, dass die Samen im Thermostaten vor dem Befallenwerden von Pilzen geschützt sind.

B. Wirkung einer Temperatur von 40° C.

Tabelle II.

Gekeimt nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Im Ganzen.
a¹.	4 Tage.	—	4	**18**	14	12	—	4	4	3	—	—	1	—	2	1	2	—	—	—	—	65
b¹.	4 „	—	2	**23**	12	12	2	4	4	—	5	4	4	3	1	—	1	—	—	—	—	77
a².	6 „	—	4	2	7	7	6	6	6	4	4	3	—	7	—	—	4	—	3	—	—	63
b².	6 „	—	8	**16**	12	9	10	7	5	—	4	2	—	1	—	—	1	—	—	—	—	75
a³.	13 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
b³.	13 „	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2

a. bedeutet wieder Gerste, b. Hafer. — So auch in allen folgenden Tabellen.

[1]) Die Zahlen, welche die Keimungsmaxima angeben, sind in den Tabellen fett gedruckt.

Bei der Temperatur von 40° zeigt sich die schädliche Wirkung nach 4 Tagen schon sehr deutlich, noch deutlicher nach 6 Tagen. Ueberhaupt treten die bei der Wirkung einer Temperatur von 30° C. beobachteten Thatsachen weit schneller auf. Nach 13 Tagen sind die Samen getödtet. Gerste leidet wieder mehr wie Hafer.

C. Wirkung einer Temperatur von 50° C.

Tabelle III.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	[illegible]	5	6	7	8	9	10	11	12	13	[illegible]	15	16	17	18	19	20	Im Ganzen.
a¹.	1 Tag.	—	—	2	7	7	6	6	5	4	2	3	—	1	1	—	[illegible]	—	—	1	—	46
b¹.	1 „	—	—	8	16	10	8	7	5	2	3	2	—	1	—	1	—	—	2	—	—	65
a².	3 Tage.	Keine Keimung mehr.																				
b².	3 „																					

Bei der Temperatur von 50° C. erleiden die Samen schon in der Zeit von 24 Stunden eine sehr bedeutende Schädigung, die grösser ist als diejenige, die eine Temperatur von 40° in vier Tagen bewirkt. In drei Tagen sind die Samen getödtet.

D. Wirkung einer Temperatur von 60° C.

Die Samen waren, nachdem sie 24 Stunden in dunstgesättigter Luft bei 60° verweilt hatten, durchweg getödtet.

Bei allen vorstehend beschriebenen Versuchen befand sich im Thermostaten ein Gefäss mit Kalilauge zur Kohlensäureabsorption. Ferner wurde durch die Thermostaten ein schwacher Luftstrom gesaugt. Die in den Thermostaten eintretende Luft war vorher auf die Temperatur des betreffenden Thermostaten gebracht worden.

Bei all diesen Versuchen in dunstgesättigter Luft beobachtete ich niemals eine Keimung der Samen im Thermostaten selbst, also lediglich unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit. Die von den Samen aus der Luft bei constanter Temperatur aufgenommene Feuchtigkeit genügt also nicht, um die Samen zur Keimung zu bringen. Diese Erfahrung machte auch F. Haberlandt[1]), der

[1]) Aufnahme von gasförmigem Wasser durch die Samen, in F. Haberlandt's: Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues. Bd. I. S. 63.

durch eine Reihe Untersuchungen mit zahlreichen Samenarten feststellte, dass in dunstgesättigter Luft nur dann eine Keimung eintritt, wenn durch stärkere und häufige Temperaturschwankungen eine wiederholte Thaubildung auf den Samen stattfindet. Haberlandt, der seine Versuche bei gewöhnlicher Temperatur anstellte, zeigte auch, dass schon bei dieser Temperatur die Samen in dunstgesättigter Luft in verhältnissmässig kurzer Zeit, (in fünf Tagen) sehr bedeutende Schädigungen ihrer Keimfähigkeit erleiden.

Dritte Versuchsreihe.

Wie verhalten sich Samen von Gerste und Hafer, wenn sie in Wasser verschiedenen Temperaturen ausgesetzt werden?

Hierher gehören von den von mir angestellten Versuchen zunächst diejenigen, welche ich zur Feststellung der höchsten Keimungstemperaturen unternahm. (Vergl. oben S. 324.)

Fernere Versuche wurden in folgender Weise angestellt: Von den zu den Versuchen verwendeten Samen kamen immer je 100 in weite offene Reagenzgläser, in die so viel Wasser gegossen war, dass dasselbe nur 1 Centimeter über den Samen stand. Samen, die auf der Oberfläche des Wassers schwammen, wurden durch andere, untersinkende ersetzt. Diese Reagenzgläser wurden in ein zum Theil mit Wasser gefülltes Becherglas gestellt, welches dann in den Thermostaten kam. Das Thermometer zeigte die Temperatur des Wassers im Becherglas an. In dem Thermostaten befand sich wieder ein Gefäss zur Absorption der Kohlensäure. Es war ausserdem für Lufterneuerung im Thermostaten gesorgt. Ferner wurde in den Innenraum des Thermostaten etwas Wasser gegossen, so dass eine Verdunstung von den Reagenzgläsern aus und damit eine Temperaturschwankung in dem dunstgesättigten Raum nicht stattfinden konnte. Die Samen erlitten ausserdem bei den getroffenen Einrichtungen keinen erheblichen Sauerstoffmangel. Die einzelnen Reagenzgläser wurden nach verschiedenen Zeiten aus dem Thermostaten herausgenommen und die Samen in die Keimapparate gebracht.

A. Einwirkung einer Temperatur von 45° C.

(Siehe Tabelle IV.)

Aus nachstehender Tabelle ist zunächst wieder ersichtlich, dass der Hafer die angegebenen Einflüsse besser erträgt als die Gerste. Letztere ist getödtet, wenn sie unter den erwähnten Versuchsbedingungen 5 Stunden im Thermostaten bleibt, während vom Hafer, auch nach einem Aufenthalt von 9 Stunden im Apparat, noch einige Samen

Tabelle IV.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Im Ganzen.
a¹.	1 Stunde	0	1	25	19	20	17	2	0	1	0	1	1	Die übrigen Samen faulen.								—	—	—	—	—	—	—	87
b¹.	1 „	0	2	19	9	5	10	7	2	4	0	1	3	3	3	3	2	4	1	4	6	0	1	0	—	—	—	—	89
a².	3 Stunden	0	0	0	0	0	7	4	10	10	10	1	0	2	2	2	1	1	2	1	0	Die übr. Samen faulen.							53
b².	3 „	0	0	12	16	12	14	3	0	4	2	0	4	1	1	1	1	1	0	1	Die übrigen Samen faulen.								73
a³.	5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Die Samen faulen.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
b³.	5 „	0	0	1	0	12	6	14	2	5	5	1	2	1	2	0	0	1	0	Die übrigen Samen faulen.									52
a⁴.	7 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Die Samen faulen.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
b⁴.	7 „	0	0	0	0	0	0	5	3	1	0	7	6	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	Die übr Samen faulen.			32
a⁵.	9 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Die Samen faulen.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
b⁵.	9 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	2	0	0	0	faulen.			—	—	9

a. bedeutet Gerste, b. Hafer.

keimen. Der Eintritt des Keimungsmaximums verzögert sich um so mehr, je länger die Samen im Apparat verweilen. Ausserdem wird das Auftreten eines solchen Keimungsmaximums immer undeutlicher. Die durchschnittliche Keimzeit wird mit der längern Temperatureinwirkung eine immer ausgedehntere, die Zahl der keimenden Körner eine immer geringere. Bei den Hafersamen, die 9 Stunden im Thermostaten verweilt hatten, trat die Keimung erst nach 15 Tagen ein.

Es zeigt sich bei diesen wie bei allen Keimversuchen mit erwärmten Samen, dass dieselben regelmässig um so mehr der Fäulniss unterliegen, je mehr sie durch die Temperatur geschädigt sind. Samen, die überhaupt noch lebensfähig sind, haben auch die Fähigkeit, der Fäulniss mehr zu widerstehen. Samen, die in Wasser erwärmt wurden, faulen jedoch leichter als solche, die trocken, selbst auf hohe Temperaturen erhitzt wurden und nachher in Wasser kamen.

B. Einwirkung einer Temperatur von 55° C.

Tabelle V.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Im Ganzen.
a¹.	½ Stunde.	0	12	15	14	9	4	10	8	2	0	0	0	1	0	2	1	faulen.				78
b¹.	½ „	0	4	11	13	7	5	11	9	3	7	2	1	0	2	2	1	faulen.				78
a².	1 „	0	0	0	4	10	13	14	10	6	2	0	2	1	0	2	0	3	faulen.			71
b².	1 „	0	0	0	0	2	7	5	17	17	18	0	1	2	0	3	0	3	faulen.			75
a³.	3 Stunden.	0	0	0	0	0	0	0	0	faulen.		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
b³.	3 „	0	0	0	0	0	0	0	0	faulen.		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0

a. bedeutet Gerste, b. Hafer.

Es zeigt sich, dass sowohl Hafer wie Gerste nach einem Aufenthalt von drei Stunden im Thermostaten getödtet sind. Im Uebrigen zeigen sich die bei der Einwirkung von 45° C. eingetretenen Erscheinungen bei den Temperaturen von 55° C. um so schneller und deutlicher.

C. Einwirkung einer Temperatur von 65° C.

Diese Temperatur wurde nur von einigen Hafersamen durch eine halbe Stunde ertragen, während Gerste nach einem halbstündigen Aufenthalt im Thermostaten getödtet war.

Nachstehend stelle ich noch die von **Fr. Haberlandt**[1]) und die von mir gewonnenen Resultate, soweit es sich um die Einwirkung warmen Wassers auf die Erhaltung der Keimfähigkeit von Hafer und Gerste handelt, nebeneinander.

Haberlandt.

Gerste.	Procente der gekeimten Samen.
a) Controlprobe	98.
b) bei 30° C. durch 5 Stunden	58.
c) = 30° C. = 10 = ...	36.
d) = 40° C. = 5 = ...	5.
e) = 40° C. = 10 = ...	1.
f) = 50° C. = 5 = ...	0.
Hafer.	
a) Controlprobe	100.
b) bei 30° C. durch 5 Stunden	88.
c) = 30° C. = 10 = ...	76.
d) = 40° C. = 5 = ...	36.
e) = 40° C. = 10 = ...	18.
f) = 50° C. = 5 = ...	8.
g) = 50° C. = 10 = ...	0.

Just.

Gerste.	Procente der gekeimten Samen.
a) Controlprobe	95.
b) bei 45° C. durch 1 Stunde	87.
c) = 45° C. = 3 Stunden	78.
d) = 45° C. = 5 = ...	9.
e) = 55° C. = ½ Stunde	78.
f) = 55° C. = 1 = ...	71.
g) = 65° C. = ½ = ...	0.
Hafer.	
a) Controlprobe	96.
b) bei 45° C. durch 1 Stunde	89.
c) = 45° C. = 3 Stunden	78.
d) = 45° C. = 5 = ...	52.
e) = 45° C. = 7 = ...	32.
f) = 45° C. = 9 = ...	9.
g) = 55° C. = ½ Stunde	78.
h) = 55° C. = 1 = ...	75.
i) = 65° C. = ½ = ...	18.

[1]) Wissenschaftlich praktische Untersuchungen. Bd. II. S. 53.

Aus dieser Zusammenstellung geht deutlich genug hervor, dass bei meinen Versuchen die Samen eine etwas grössere Widerstandsfähigkeit gegen die schädigenden Einflüsse der Wärme zeigten. Ich glaube, diese Differenz lässt sich lediglich dadurch erklären, dass die Samen bei meinen Versuchen gegen Sauerstoffmangel mehr geschützt waren. (Vergleiche oben S. 317 und 318.)

Ausführliche Untersuchungen über die Schädigung der Samen durch warmes Wasser verdanken wir zumal Fr. Haberlandt. (Siehe oben S. 316.)

Hier sind auch die Untersuchungen Fiedler's zu berücksichtigen. (Siehe oben S. 312.)

Hierher gehören auch die Untersuchungen von Ant. Zoebl[1]) über die Frage: „Wie lange behalten die Samen im Wasser ihre Keimfähigkeit?" — Z. stellte seine Versuche mit zahlreichen Samenarten in der Weise an, dass er über die Samen einen continuirlichen Strom Wassers von gewöhnlicher Temperatur fliessen liess. Von jeder Samenart wurde nach verschiedenen Zeiten eine Anzahl Samen zum Keimen ausgelegt. Es zeigte sich, dass nach 69 Tagen die Mehrzahl der Samen getödtet war. Gegen diese Untersuchungen ist jedoch eine Einwendung zu machen. Schon während des Aufenthaltes im Wasser fingen manche Samen an zu keimen, während zu den Keimversuchen die übrig bleibenden noch nicht gekeimten Samen verwendet wurden. Nun giebt es aber bekanntlich selbst bei den besten Samen in einer grösseren Zahl immer einige, die an und für sich nicht keimen, bei manchen Samen machen diese todten Individuen sogar einen grossen Procentsatz aus. Je länger also Z. seine Versuche fortsetzte, um so mehr muss er es in den Fällen, in denen vorher eine Keimung im Wasserbehälter eintrat, mit Samen, die schon an sich todt waren und nicht erst durch den Einfluss des Wassers ihre Keimfähigkeit verloren hatten, zu thun gehabt haben. Es ist ohnehin auffallend, dass bei den Z.'schen Versuchen nicht die Mehrzahl der Samen anfing zu keimen. Wenn dies nicht geschah, so kann dies wohl nur daran liegen, dass die Samen sich so tief unter Wasser befanden, dass es ihnen an Sauerstoff mangelte. Dieser Sauerstoffmangel wird nun wohl an sich schon schädigend auf die Keimfähigkeit eingewirkt haben, so dass Zoebl es in all' seinen späteren Versuchen wahrscheinlich mit Samen zu thun hatte, die sowohl durch den Einfluss des Wassers wie durch Sauerstoffmangel geschädigt waren. Die Frage, wie sich Samen unter Wasser, bei

1) Fr. Haberlandt, Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Bd. I. S. 89.

verschiedenen Temperaturen, einerseits bei Sauerstoffmangel, andererseits bei ungehindertem Zutritt von Sauerstoff verhalten, bedarf jedenfalls einer besonderen Untersuchung. Immerhin aber dienen die zahlreichen und ausgedehnten Z.'schen Versuche ganz wohl dazu, zu zeigen, dass die Samen schon durch den Einfluss des Wassers von gewöhnlicher Temperatur in mehr oder weniger kurzer Zeit eine Schädigung der Keimfähigkeit erleiden.

Vierte Versuchsreihe.

Wie verhalten sich die Samen von Gerste und Hafer, wenn sie, in ausgetrocknetem Zustand, der Einwirkung höherer Temperaturen ausgesetzt werden?

A. Einwirkung einer Temperatur von 100° C. (I.)

Ueber die Art der Trocknung ist bereits oben das Nöthige (Methoden) mitgetheilt. Für die Versuche, deren Resultate in nachstehender Tabelle VII. verzeichnet sind, wurden die Samen, bevor sie in die Reagenzgläser kamen, durch drei Tage im Exsiccator über Schwefelsäure gehalten. In der Tabelle bedeutet a. Gerste, b. Hafer, m. Gerste, n. Hafer. Die Samen für die Versuche $a—a^4$, $b—b^4$ wurden sehr allmählich getrocknet und erwärmt. Die Reagenzgläser lagen erst 10 Tage bei gewöhnlicher Temperatur im Zimmer, dann wurden sie durch einen Tag auf 30° C., durch zwei Tage auf 50° C. erwärmt und kamen dann erst in den Thermostaten von 100° C. — m. $m.^1$ n. $n.^1$ kamen direct in offenen Reagenzgläsern in den Thermostaten von 100° C., nachdem sie 3 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur über Schwefelsäure gehalten waren. Ueber die Zeit, durch welche die Samen im Thermostaten verweilten, giebt die nachstehende Tabelle VII. Aufschluss.

Es ist ersichtlich, dass die Hafersamen wieder die Versuchsbedingungen besser ertrugen als die Gerstesamen. Während bei der Gerste, die durch 24 Stunden einer Temperatur von 100° C. ausgesetzt war, die Keimfähigkeit sehr gelitten hatte, zeigt dieselbe beim Hafer erst eine geringe Abnahme. Auch die mittlere Keimzeit ist bei der Gerste viel grösser geworden [1]). — Gerste und Hafer aber ertragen auch durch 48 Stunden eine Temperatur von 100° C. ohne ganz getödtet zu werden.

Wenn der Hafer sich auch weniger geschädigt zeigt als die Gerste, so tritt die erste Keimung jedoch bei ihm meist etwas später ein, was sich wohl durch die geringere Quellungsfähigkeit des Hafers erklärt. Die gesammte Keimzeit ist bei Hafer meist länger als bei

---

[1]) Mittlere Keimzeit-Anzahl der auf die ganze Keimzeit fallenden Tage, dividirt durch die Anzahl der in der ganzen Keimzeit gekeimten Samen.

Tabelle VII.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Im Ganzen.
a[1].	1 Stunde	0	**24**	**14**	7	7	3	5	2	3	6	5	3	4	2	3	0	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92
b[1].	1 "	0	0	8	**14**	**15**	8	**12**	9	3	4	1	5	1	1	2	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	2	—	—	92
a[2].	6 Stunden	0	5	5	3	1	1	2	0	0	0	1	4	7	4	8	4	3	3	3	1	1	2	0	Der Rest in Fäulniss.						58
b[2].	6 "	0	0	**10**	9	**12**	9	6	9	3	6	6	2	5	2	3	3	1	1	0	1	1	0	Der Rest in Fäulniss.							89
a[3].	24 "	0	0	0	4	3	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	3	1	5	2	0	0	1	Der Rest in Fäulniss.							24
b[3].	24 "	0	0	0	**12**	**15**	9	0	3	4	0	1	1	2	6	**10**	8	0	3	1	1	2	1	0	0	0	1	Der Rest in Fäulniss.			80
a[4].	48 "	0	0	0	0	0	2	3	2	4	0	2	4	2	1	1	0	0	0	0	2	0	1	Der Rest in Fäulniss.							24
b[4].	48 "	0	0	0	0	3	2	6	5	2	2	**12**	**15**	8	3	6	1	0	3	0	1	1	0	2	Der Rest in Fäulniss.						72
m.	6 "	Keine Keimung, nach 20 Tagen alle Samen in Fäulniss übergegangen.																						—	—	—	—	—	—	—	0
n.	6 "																							—	—	—	—	—	—	—	0
m[1].	24 "	Keine Keimung, nach 20 Tagen alle Samen in Fäulniss übergegangen.																						—	—	—	—	—	—	—	0
n[1].	24 "	Keine Keimung, nach 8 Tagen alle Samen in Fäulniss übergegangen.																						—	—	—	—	—	—	—	0

Gerste, es keimen aber in gleichen Zeiten von Hafer mehr Samen als von Gerste. Diese Erfahrungen bestätigten auch die Versuche v. Höhnel's[1]). Im Uebrigen zeigt sich auch bei diesen Versuchen wieder, gegenüber der Keimung unter normalen Verhältnissen, die Verschiebung oder das gänzliche Fortfallen des Keimungsmaximums (Gerste a⁴), der spätere Eintritt der Keimung, Verlängerung der absoluten und mittleren Keimzeit, Verkleinerung des Keimprocent's. All' diese Erscheinungen werden um so deutlicher, je länger die Temperaturwirkung dauert.

Wie wesentlich für die Erhaltung der Keimfähigkeit ein möglichst geringer Wassergehalt der Samen ist, dies zeigen m. m^1. n n^1. Die zu diesen Versuchen verwendeten Samen hatten eine sehr unvollständige Trocknung erfahren, bevor sie erwärmt wurden (3 Tage über Schwefelsäure), und es keimte schon nach Einwirkung der Temperatur von 100° C. durch nur sechs Stunden kein einziger Same mehr.

B. Einfluss einer Temperatur von 100° C. (II.)

(Siehe Tabelle VIII.)

Die in dieser Versuchsreihe angestellten Untersuchungen sollten zunächst dazu dienen, den Einfluss mehr oder weniger sorgfältiger Trocknung noch deutlicher zu machen. Die benutzten Samen waren zwei Tage über Schwefelsäure getrocknet worden, bevor sie in die Reagenzgläser kamen. Die in bekannter Weise beschickten Reagenz gläser blieben 10 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur liegen. Der Aufenthalt im Thermostaten belief sich für alle Samen auf drei Tage.

a^1. und b^1. kamen ohne vorherige allmähliche Erwärmung direct in den Thermostaten. Es zeigt sich, dass Gerste nahezu getödtet ist und dass auch der Hafer eine bedeutende Schädigung erfuhr.

a^2. und b^2. wurden, bevor sie in den Thermostaten von 100° C. kamen, durch 7 Tage bei einer Temperatur von 50° C. erhalten. Mit dieser sorgfältigen Trocknung steigt auch sofort wieder die Keimfähigkeit sowohl für Gerste wie für Hafer.

a^3. und b^3. wurden noch sorgfältiger getrocknet. Die Reagenzgläser wurden 9 Tage bei 50° C., 2 Tage bei 60° C., 2 Tage bei 80° C. erhalten und kamen erst dann in den Thermostaten von 100° C. Es ergiebt sich nach dieser sorgfältigeren Trocknung für

---

[1]) Fr. Haberlandt's Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues. II. S. 85.

Tabelle VIII.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Im Ganzen.
a¹.	3 Tage	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	Der Rest in Fäulniss.							—	—	—	—	—	—	7.
b¹.	3 „	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7	0	0	7	4	0	0	0	3	0	4	Rest in Fäulniss.						—	—	—	29.
a².	3 „	0	0	0	7	0	0	7	1	0	4	1	0	0	2	0	1	0	1	Rest in Fäulniss.						—	—	—	—	—	24.
b².	3 „	0	0	0	3	0	0	1	8	0	5	2	4	6	5	4	3	0	1	2	3	0	1	0	3	Rest in Fäulniss.					51.
a³.	3 „	0	0	20	11	11	2	2	3	3	0	2	0	0	0	4	0	Rest in Fäulniss.						—	—	—	—	—	—	—	58.
b³.	3 „	0	0	1	2	1	1	1	2	11	2	3	1	3	0	0	3	0	2	0	3	0	14	0	8	Rest in Fäulniss.					58.

die Gerste, in geringerem Grade auch für Hafer, sogleich wieder eine grössere Steigerung der Keimfähigkeit. Bei der Gerste tritt auch wieder ein sehr deutliches Keimungsmaximum ein.

Auch bei all diesen Versuchen zeigen sich die mehrfach erwähnten Schädigungen mehr oder weniger deutlich. Bemerkenswerth ist auch, wie mit der sorgfältigeren Trocknung bei a^3. und b^3. auch eine zeitigere Keimung eintritt als bei a^1. und b^1.

Bei diesen Versuchen suchte ich auch festzustellen, ob das schnelle oder langsame Abkühlen und die Geschwindigkeit der Wasserzufuhr zu den erhitzten Samen, von Bedeutung für die Erhaltung der Keimfähigkeit sei. Demgemäss blieben a^3. und b^3, nachdem sie aus dem Thermostaten von 100° C. herausgenommen waren, in den Reagensgläsern und kamen so durch 2 Stunden in eine Temperatur von 50° C., durch weitere 2 Stunden in eine Temperatur von 30° C. Dann wurden die Samen aus den Reagenzgläsern entfernt und in trockene Keimapparate gebracht, in denen sie durch 2 Tage bei gewöhnlicher Temperatur im Versuchsraum liegen blieben, so dass sie durch Hygroscopicität aus der Luft geringe Mengen Wasser aufnehmen konnten. Jetzt erst wurden die Samen in den Keimapparaten angefeuchtet. Zwei andere Reagenzgläser wurden bis zu dem Aufenthalt im Thermostaten ebenso behandelt wie a^3. und b^3. Die Samen kamen aber, nachdem sie drei Tage der Temperatur von 100° C. ausgesetzt waren, aus den Reagenzgläsern direct in die feuchten Keimapparate, in deren Keimschale vorher noch etwas Wasser von 10° C. gegossen war. Bei der nun folgenden Keimung zeigte sich bei beiden Versuchsreihen durchaus kein nennenswerther Unterschied in der Anzahl der gekeimten Samen, der Keimdauer etc.

Ich hatte früher (vergl. S. 315) bei erwärmten Samen von *Trifolium pratense* nachgewiesen, dass dieselben stärker geschädigt werden, wenn sie noch heiss mit Wasser befeuchtet werden, als wenn sie nach vorheriger Abkühlung ganz allmählich angefeuchtet werden. Ich hatte den Versuch damals wiederholt mit günstigem Erfolge angestellt. Immerhin ist mir die Sache jedoch noch zweifelhaft, da es sich um Samen handelte, die über 100° erwärmt, in ihrer Keimfähigkeit sehr stark geschädigt waren. Wenn nun von solchen Samen in dem einen oder andern Fall einige mehr oder weniger keimen, so kann dies ebenso durch die grössere oder geringere Schädigung, die die Erwärmung hervorgebracht hat, bedingt sein, wie durch den Einfluss der langsameren oder schnelleren Zuführung von Wasser.

v. Höhnel hat, auf die von mir gegebene Anregung hin (vergl. S. 316),

diese Frage bei seinen Untersuchungen ebenfalls berücksichtigt. Höhnel hatte Samen von *Rumex patientia* und *Trifolium hybridum* auf 118—121° C. erhitzt. Eine Partie wurde schnell befeuchtet und zum Keimen ausgelegt, eine andere wurde einige Tage an der Luft liegen gelassen und dann zum Keimen ausgelegt. Von den schnell angefeuchteten keimte aus mehreren Hundert Samen von *Rumex patientia* 1, *Trifolium hybridum* 1. Von den allmählich angefeuchteten keimten von *Rumex patientia* 1, *Trifolium hybridum* 2. Diese eine Keimpflanze mehr bei *Trifolium hybridum* kann natürlich kaum dazu dienen, eine Bestätigung meiner früheren Angabe zu liefern. Die Versuche zur Lösung dieser Frage müssen übrigens nach anderen Methoden angestellt werden, als sie von mir und v. Höhnel angewendet wurden. Ich bin gegenwärtig mit Untersuchungen in dieser Richtung beschäftigt und behalte mir vor, über das Resultat derselben späterhin zu berichten.

C. Wirkung einer Temperatur von 110° C.

(Hierzu Tabelle IX.)

Trocknung und Erwärmung der Samen wie für die Versuche bei 100° C. a. und b. Seite 334.

Die nachstehende Tabelle bedarf nach dem oben Gesagten keiner weiteren Erläuterung. Die Schädigung der Samen ist eine der höheren Temperatur entsprechende grössere.

D. Wirkung einer Temperatur von 122° C.

(Hierzu Tabelle X.)

Trocknung und Erwärmung der Samen wie für die Versuche bei 100° C. a. und b. Seite 334.

Es ist ersichtlich, dass nur die Hafersamen noch die Temperatur von 122° C. in nennenswerther Weise ertragen. Von den Gerstensamen ist nach einer halbstündigen Einwirkung der Temperatur nur noch einer nach acht Tagen zur Keimung gekommen. Auch der Hafer zeigt nach einem halbstündigen Aufenthalt im Thermostaten eine bedeutende Schädigung. Es ist aber bemerkenswerth, wie die höchste Keimzeit auf 29 Tage verlängert ist. Der Hafer erträgt die Temperatur von 122° C. selbst durch drei Stunden ohne ganz getödtet zu sein. Nach 12 Stunden ist sowohl Hafer wie Gerste getödtet.

Tabelle IX.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Im Ganzen.
a¹.	½ Stunde ……	0	2	17	22	9	11	3	4	3	1	0	1	2	1	2	3	2	0	3	0	Rest in Fäulniss.						—	—	—	86.
b¹.	½ " ……	0	0	3	7	4	7	11	3	2	3	6	5	8	5	10	5	1	2	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	86.
a².	6 Stunden ……	0	0	9	7	7	4	6	4	4	2	2	0	0	0	Rest in Fäulniss.						—	—	—	—	—	—	—	—	—	45.
b².	6 " ……	0	0	4	2	3	1	2	1	2	2	3	5	8	5	4	4	1	3	2	0	2	1	2	2	2	1	1	1	faulen.	64.
a³.	12 " ……	0	4	16	6	9	1	0	1	2	3	1	3	3	0	1	1	0	0	1	0	1	Rest in Fäulniss.						—	—	53.
b³.	12 " ……	0	0	3	8	12	4	3	0	0	0	1	1	0	0	1	6	4	1	4	3	5	2	0	0	3	1	0	1	1	65.
a⁴.	24 " ……	Keine Keimung. Nach 14 Tagen alle Samen in Fäulniss.																			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
b⁴.	24 " ……	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	2	2	5	3	4	1	1	3	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	37.
a⁵.	48 " ……	Keine Keimung. Nach 12 Tagen alle Samen in Fäulniss.																			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
b⁵.	48 " ……	Keine Keimung. Nach 26 Tagen alle Samen in Fäulniss.																			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.

Tabelle X.

Es keimten nach Tagen:

	Aufenthalt im Thermostaten.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Im Ganzen.
a^1.	½ Stunde	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Rest in Fäulniss.						—	—	—	—	—	—	—	—	1.
b^1.	½ "	0	0	0	4	1	4	5	0	0	1	2	2	2	0	3	4	5	3	0	1	2	0	2	0	0	1	0	0	1	44.
a^2.	3 Stunden	Keine Keimung. Alle Samen nach 14 Tagen in Fäulniss.																		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
b^2.	3 "	0	0	0	3	1	3	0	2	2	2	3	0	0	0	2	5	1	1	4	1	1	2	0	1	1	1	faulen.			36.
a^3.	12 "	Keine Keimung.							Die Samen faulen sämmtlich nach 12 Tagen.													—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
b^3.	12 "	Keine Keimung.							Die Samen faulen sämmtlich nach 12 Tagen.													—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
a^4.	24 "	Keine Keimung.							Die Samen faulen sämmtlich nach 12 Tagen.													—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.
b^4.	24 "	Keine Keimung.							Die Samen faulen sämmtlich nach 12 Tagen.													—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.

E. Wirkung von Temperaturen, die höher als 122° C. liegen.

Die bei wechselnden Temperaturen bis zu 136° C. angestellten Versuche zeigten durchgehends, dass die Samen von Hafer und Gerste jene Temperaturen nicht ertragen, wenn sie selbst nach sorgfältigster Trocknung auch nur 20 Minuten lang der betreffenden Temperatur unterlagen.

Bei allen Versuchen, bei denen Temperaturen von 100—136° C. in Anwendung kamen, waren die Thermometer direct in die Reagensgläser eingefügt, so dass sie also unmittelbar die Temperatur der Samen angaben. Die angegebenen Zeiten wurden von dem Moment an gerechnet, in welchem die Thermometer nach Einführung der Samen in die Thermostaten wieder die gewünschte Temperatur zeigen.

Ich habe bei diesen Untersuchungen vornehmlich Temperaturen über 100° C. in Anwendung gebracht, da es ja durch frühere Untersuchungen bekannt war, dass getrocknete Samen Temperaturen bis zu 100° C. ohne Verlust ihrer Keimfähigkeit ertragen können.

Es zeigt sich also, dass Samen, nach sehr sorgfältiger Trocknung, Temperaturen bis zu 122° C. ohne gänzlichen Verlust der Keimfähigkeit ertragen können. Ich stimme jedoch v. Höhnel durchaus bei, wenn derselbe sagt, dass man wohl für keine Species eine bestimmte Temperatur wird angeben können, bei der die getrockneten Samen sterben. Es ist wohl sicher, dass die Individualität der Samen (Abstammung, Heimath, Alter, Grad der Ausbildung) immer geringe Schwankungen der Tödtungstemperatur veranlassen wird. (Vergl. S. 316.) Die ungemein verlängerte Keimzeit für einzelne Samen hat etwas sehr Auffallendes. Diese Thatsache erinnert an die Erscheinungen, die man bei saftigen Pflanzentheilen als „Wärmestarre" bezeichnet, ohne dass ich behaupten will, dass beiderlei Erscheinungen durch gleiche Ursachen bedingt seien.

F. Wirkung einer Temperatur von 60° C.

Ich hatte vor Beginn der bisher beschriebenen Experimente einige Versuche angestellt, welche mir zeigten, dass die Hafersamen beim Austrocknen ihr Wasser langsamer abgeben als die Gerstensamen. Wenn also die Austrocknung der Samen nicht energisch genug vorgenommen wurde, so konnten die Gerstensamen nur noch geringeren Wassergehalt zeigen, während die Hafersamen weit grössere Wassermengen enthielten. Es war anzunehmen, dass unter solchen Verhältnissen die Hafersamen bei Erwärmung mehr geschädigt werden,

als die Gerstensamen, obgleich diese, wie alle bisherigen Versuche zeigen, eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse höherer Temperaturen besitzen, als jene. Dass dies sich nun so verhält, zeigten einige Versuche, deren Resultate in der nachstehenden Tabelle verzeichnet sind.

Tabelle XI.

	Aufenthalt im Thermostaten.	Es keimten nach Tagen:														Im Ganzen.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
a.	3 Tage.........	5	56	19	10	6	1	0	1	—	—	—	—	—	—	98.
b.	3 Tage.........	0	3	7	18	12	4	2	2	3	1	1	1	faul.		54.

Die Samen waren für diesen Versuch 2 Tage über Schwefelsäure gehalten und kamen dann in bekannter Weise mit Chlorcalcium in die Reagenzgläser. Die Gläser blieben zwei Tage bei gewöhnlicher Luft liegen, kamen dann durch einen Tag in eine Temperatur von 30° C. und dann erst in den Thermostaten von 60° C. Wie sich zeigt, hatte der Hafer eine bedeutende Schädigung der Keimfähigkeit erlitten.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich aber noch ein anderes interessantes Resultat. Die Gerste zeigt nämlich gar keine Schädigung ihrer Keimfähigkeit, im Gegentheil ist dieselbe befördert. Die Keimung trat etwas zeitiger (um einige Stunden) ein, als unter gewöhnlichen Bedingungen, das Keimungsmaximum, das überaus gross ist, zeigt sich schon am zweiten Tage.

Es ist dies der einzige Fall, in dem bei meinen Versuchen eine Beschleunigung und Begünstigung der Keimung durch Erwärmung der Samen eintrat. Solche Beförderungen der Keimung durch Erwärmung sind nun von andern Beobachtern auch schon nachgewiesen, so von Haberlandt (vergl. S. 314), Velten (vergl. S. 322), Wiesner (vergl. S. 313). Auch v. Höhnel theilt mit, dass er bei seinen Versuchen in einzelnen Fällen eine Beschleunigung der Keimung beobachtet habe (vergl. S. 316).

Unter gewöhnlichen Bedingungen brauchen die zum Keimen ausgelegten Samen, bei genügender Temperatur und genügender Feuchtigkeit, je nach der Species eine mehr oder weniger lange Zeit, um in einen Zustand zu kommen, in welchem die einzelnen Theile des Keim's anfangen zu wachsen. Es wäre nun möglich, dass die Samen bei geringem Wassergehalt und nicht zu hoher Temperatur (60—70° C.)

schneller in jenen Zustand gelangen als unter normalen Bedingungen. Welcher Art die begünstigenden Einflüsse sind, ob es sich um tiefer gehende physiologische Erscheinungen, oder nur um eine Auflockerung und leichtere Quellungsfähigkeit der Samenschale handelt, darüber ist zunächst natürlich nichts auszusagen.

Sicherlich schadet jede Temperatur oberhalb des oberen Nullpunktes für die Keimung, bei ganz durchnässten Samen um so mehr, je höher die Temperatur ist und je länger dieselbe einwirkt und ferner wird von einem gewissen Wassergehalt der Samen an irgend eine Temperatur oberhalb des oberen Nullpunktes für die Keimung, im Allgemeinen um so mehr schaden, je grösser der Wassergehalt der Samen ist. Es bleibt aber die Einschränkung bestehen, dass Temperaturen bis zu 60—70° C. auf die Keimfähigkeit mancher Samen günstig einwirken können, wenn der Wassergehalt derselben eine bestimmte Grenze nicht überschreitet.

Wenn Samen oder Sporen in kochendem Wasser ihre Keimfähigkeit nicht verlieren, so wird dies wohl immer nur daran liegen, dass sie durch irgend welche Organisationsverhältnisse längere Zeit vor dem Eintritt des Wassers in die inneren Gewebe geschützt sind.

Wie die Tödtung der Samen durch hohe Temperaturen stattfindet, ist zunächst nicht aufgeklärt. Sicherlich aber hat diese Tödtung nichts mit dem Gerinnen des Eiweiss' zu thun, denn die Samen sterben auch bei Temperaturen, die unter der Gerinnungstemperatur des Eiweiss' liegen, wenn jene Temperaturen nur genügend lange einwirken, und können andererseits Temperaturen oberhalb der Gerinnungstemperatur, selbst wenn sie nicht ganz trocken sind, durch mehrere Stunden ertragen. Diese Thatsache hebt auch Sachs[1]) für saftige Pflanzentheile gegenüber H. Hoffmann[2]) hervor.

Ebenso sind auch nur die Schädigungen der Keimfähigkeit durch Erwärmung zunächst nicht aufgeklärt. Ob es sich dabei um eine starke Verhärtung und somit geringere Quellungsfähigkeit der Schale handelt (F. Haberlandt vergl. S. 314), oder um irgend welche andere Dinge, ist nicht zu sagen. Diese Seite der Frage bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Ich glaube doch, dass die Schädigungen nicht bloss die Samenschale treffen, sondern viel tiefer gehen. Bei ferneren eingehenderen Untersuchungen wären das Verhalten der Samenschale, das Verhalten

---

[1]) Sachs in Flora 1864. S. 9. 34. 39. 75. — Ueber die obere Temperaturgrenze der Vegetation.

[2]) H. Hoffmann in Pringsheim's Jahrbüchern II. S. 327.

der Reservestoffe, die histologischen Eigenschaften des Keims resp. des Endosperms, die osmotischen Erscheinungen zu berücksichtigen. Sehr wichtig wären chemische Untersuchungen, Auftreten von Fermenten, Veränderungen der Reservestoffe etc. Da bei den stark geschädigten Samen eine sehr lange Keimdauer bemerkbar ist, mögen die Reservestoffe durch die Temperaturwirkungen vielleicht in einen Zustand übergeführt werden, in dem sie unter dem Einfluss von Fermenten nur sehr langsam in eine für die Entwickelung des Keim's brauchbare Form übergehen. Von ganz besonderer Wichtigkeit wären ferner Beobachtungen über die weitere Entwickelung der Keimpflanzen, sowohl während der Keimung wie in späteren Stadien. Die bisherigen Beobachtungen Velten's (vergl. S. 319) und Krasan's (vergl. S. 314) leisten in dieser Hinsicht noch nicht viel.

Ich habe diese Dinge nur deshalb angedeutet, um auf die Richtung, die weitere Untersuchungen zu nehmen haben, hinzuweisen.

Nachstehend stelle ich einige Sätze auf, die sich aus den Beobachtungen Anderer und meinen eigenen ergeben.

1) Es giebt kein ganz bestimmtes Temperatur-Maximum für die Keimung der Samen einer Species. Dasselbe macht vielmehr, je nach der Individualität der einzelnen Samen, geringe Schwankungen.

2) Die Samen erleiden durch die Einwirkung des Temperatur-Maximums während der Keimung eine Schädigung, die sich sowohl durch die Verlängerung der Keimungszeit bemerkbar macht, wie durch langsamere Entwickelung der Keime.

3) Die Keimung gesunder Samen verläuft unter normalen, günstigen Keimungsbedingungen ungleichförmig. Das heisst, von einer grösseren Zahl der zur Keimung ausgelegten Samen beginnt zu irgend einer Zeit eine geringe Anzahl zu keimen, später steigt die Zahl der in gleichen Zeiträumen keimenden Samen, erreicht ein Maximum, um dann allmählich bis auf Null zu fallen. — Beginn und Beendigung der Keimung, Eintritt des Maximums, sind sowohl nach den Species, wie nach der Samenbeschaffenheit innerhalb einer Species verschieden.

4) Unter den gewöhnlichen Verhältnissen verlieren Samen ihre Keimfähigkeit, je nach der Species und je nach der Individualität der betreffenden Samen mehr oder weniger schnell. Dieser Verlust der Keimfähigkeit tritt in dunstgesättigter Luft um so schneller ein, je höher die Temperatur ist; bei einer Temperatur von ungefähr 60° C. schon in 24 Stunden, aber auch bei gewöhnlicher Temperatur zeigt sich in dunstgesättigter Luft bei einigen Samen sehr schnell eine Schädigung der Keimfähigkeit.

5) In dunstgesättigter Luft kommen Samen, allein unter dem Ein-

fluss der Luftfeuchtigkeit, nicht zur Keimung, wenn die Temperatur constant bleibt. Eine Keimung kann nur dann eintreten, wenn durch grössere und wiederholte Temperaturschwankungen eine Thaubildung auf den Samen stattfindet.

6) Viele Samen erleiden durch den Aufenthalt in Wasser eine Schädigung ihrer Keimfähigkeit, die je nach Species und Individualität mehr oder weniger schnell eintritt. Wenn schon Wasser von gewöhnlicher Temperatur diese Schädigung hervorbringt, so tritt dieselbe doch um so schneller ein, je höher die Temperatur ist. Immerhin aber können Samen eine Temperatur, die nicht zu hoch oberhalb des Keimungsmaximums liegt (bis 55°), in Wasser mehrere Stunden ertragen.

7) Befinden sich die Samen bei der Erwärmung unter Wasser in Sauerstoffmangel, so leiden sie mehr als bei ungehindertem Zutritt des Sauerstoffs.

8) Samen, die nass und gequollen sind, zeigen zwar gegen die schädigenden Einwirkungen höherer Temperaturen einen etwas grösseren Widerstand als saftige Pflanzentheile (Stengel, Blätter etc.), indessen ist der Unterschied kein sehr bedeutender. Ein grosser Unterschied besteht aber darin, dass Samen um so besser gegen die Schädigungen durch hohe Temperaturen geschützt sind, je mehr sie ausgetrocknet werden, während saftige Pflanzentheile schon durch das Austrocknen an sich zu Grunde gehen.

9) Wenn auch Samen durch sorgfältige Austrocknung gegen die Schädigungen hoher Temperaturen sehr geschützt werden können, so gelingt es doch selbst durch die weitgehendste Austrocknung nicht, die Schädigungen durch hohe Temperaturen ganz zu beseitigen.

10) Die höchsten Temperaturen, die manche Samen in ausgegetrocknetem Zustand ertragen können, liegen zwischen 120 und 125° C. Man kann jedoch für die Samen einer Species keineswegs eine ganz bestimmte Tödtungstemperatur angeben, dieselbe wird vielmehr je nach der Individualität der Samen geringe Schwankungen zeigen. Ausserdem werden auch die Samen verschiedener Species bei verschiedenen Temperaturgraden getödtet.

11) Sicherlich schadet jede Temperatur oberhalb des oberen Nullpunktes für die Keimung, bei ganz durchnässten Samen um so mehr, je höher die Temperatur ist und je länger dieselbe einwirkt und ferner wird bei nicht ganz trockenen Samen irgend eine Temperatur oberhalb des oberen Nullpunktes für die Keimung, im Allgemeinen um so mehr schaden, je grösser der Wassergehalt der Samen ist. Es bleibt aber die Einschränkung bestehen, dass Temperaturen bis zu 60—70° C. (mitunter wohl noch höher) auf die Keimfähig-

keit mancher Samen günstig wirken, wenn der Wassergehalt derselben eine bestimmte Grösse nicht überschreitet.

12) Wenn Samen in kochendem Wasser ihre Keimfähigkeit nicht verlieren, so wird dies wohl immer nur daran liegen, dass die betreffenden Organe durch irgend welche Organisationsverhältnisse gegen den Eintritt des warmen Wassers in die inneren Gewebe geschützt sind.

13) Die durch Wärmewirkungen hervorgebrachten Schädigungen der Samen, sowohl feuchter, wie trockener, (vergl. No. 4) haben grosse Aehnlichkeit mit denjenigen Schädigungen, die die Samen unter natürlichen Verhältnissen bei zunehmendem Alter erleiden, wenigstens so weit es sich um Beginn der Keimung, Keimdauer, Keimprocente handelt.

14) Die durch hohe Temperaturen hervorgebrachten Schädigungen machen sich in folgender Weise geltend: Der Beginn der Keimung wird verzögert. — Die absolute Keimzeit[1]) sowohl, wie die relative[2]) wird verlängert. — Das Keimungsmaximum tritt immer später ein und wird immer undeutlicher. Das Keimungsprocent wird geringer.

15) Die Tödtung der Samen durch Temperaturwirkungen (25 bis 125° C.) hat nichts mit dem Gerinnen des Eiweiss zu thun.

Anhang.

Beschreibung des Horstmann'schen Thermostaten.

Der Thermostat besteht aus einem cylindrischen Gefäss, welches mit dreifacher Wand versehen ist Fig. I. Seite 348. Der Raum zwischen den Wänden a. und b. wird mit Wasser gefüllt. Durch den Raum zwischen den Wänden b. und c. strömt die warme Luft, welche von einer unter dem Thermostaten stehenden Gasflamme ausgeht. Durch feine Oeffnungen, die in dem oberen Theil dieses Raumes angebracht sind, tritt diese warme Luft aus dem Thermostaten heraus. Der mit doppelter Wand versehene Deckel des Thermostaten hat mehrere Durchbohrungen zur Einführung von Thermometern sowie eines Thermoregulators zur Regulirung der Flamme. Es genügt übrigens für die meisten Fälle durchaus, wenn man den Thermoregulator nicht in den Deckel einfügt, sondern durch eine der beiden Oeffnungen, die zur Füllung des Wasserraums bestimmt sind o. p. — Wird der übergreifende Rand des Deckels verkittet, so kann

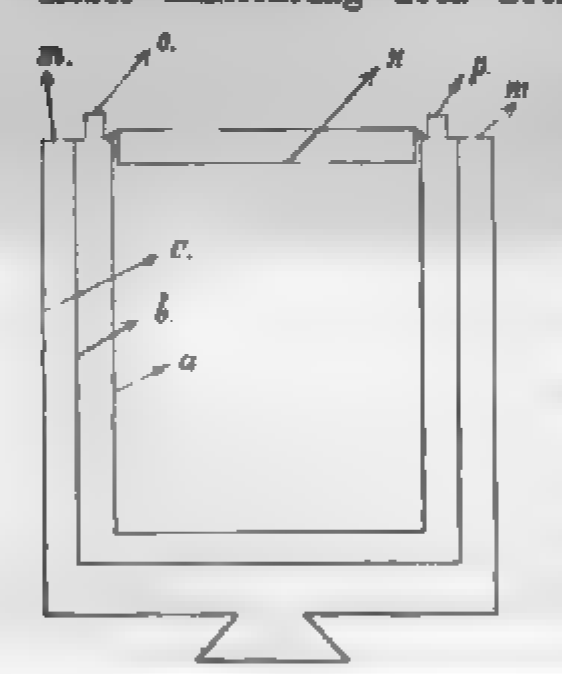
---

1) Die Zeit, die vergeht, bis bei einer bestimmten Anzahl Samen (in unserm Fall je 100) die letzten gekeimten Samen auftreten.

2) Vergl. Seite 334 Anmerkung.

man in den Raum des Thermostaten beliebige Gase hineintreten lassen. Soll die bei der Thätigkeit eines Aspirators in den Thermostaten eintretende Luft die Temperatur des Thermostaten haben, so kann man die Luft durch eine gebogene Röhre, deren Schenkel dicht aneinandergebogen sind, und die durch eine der Oeffnungen o. oder p. in das warme Wasser des Wasserraums hineingestellt ist, hindurchsaugen. Ersetzt man den gewöhnlichen Deckel durch einen solchen, der in der Mitte eine grosse Oeffnung hat, so kann man auf diese Oeffnung eine Glasglocke stellen, in welche Pflanzen, die in einem im Thermostaten stehenden Topf sich befinden, hineinwachsen. Wenn der Thermostat einmal auf eine bestimmte Temperatur eingestellt ist, so zeigt selbst die Luft in der Glocke nur unbedeutende Temperaturschwankungen. Bei Anwendung des gewöhnlichen Deckels gelingt es bei einiger Sorgfalt leicht, die Temperatur des Thermostaten Monate hindurch constant zu erhalten, so dass nur Schwankungen von 0,5° C. vorkommen.

Die Einrichtung mit der Glocke hat wegen des leichten Abhebens der Glocke grosse Bequemlichkeit, immerhin kommen aber bei dieser Einrichtung doch noch Schwankungen von 2°, in der Luft der Glocke vor. Wenn dieselben also vermieden werden sollen, dürfte der kürzlich von Velten[1]) beschriebene, complicirtere Thermostat vorzuziehen sein. Uebrigens könnte man wohl durch Anwendung einer Glocke mit doppelter Wand jene Schwankungen sehr vermeiden. Man gewönne damit auch noch den Vortheil, farbiges Licht anwenden zu können, durch Einfüllen gefärbter Flüssigkeiten in den Raum zwischen den beiden Wänden der Glocke.



Carlsruhe, den 2. April 1877.

---

[1]) Sitzungsberichte der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften zu Wien. B. 74, Abth. II.

Bemerkungen und Beobachtungen über einige Ustilagineen.

Von

Dr. J. Schroeter.

1) Die Systematik der Ustilagineen ist bis in die letzte Zeit durch eine solche Fülle von Einzelarbeiten gefördert worden, dass der Wunsch wohl allgemein ist, die Ergebnisse derselben zu einer Gesammtdarstellung dieser Familie zusammengefasst zu sehen. Ein solches Werk haben wir in der nächsten Zeit von A. Fischer von Waldheim zu erwarten[1]), für eine derartige Darstellung möchte ich in den folgenden Mittheilungen noch einiges Material bieten.

Wie ich glaube, bietet eine nach den Grundsätzen neuerer Systematik durchgeführte Monographie der Brandpilze eine äusserst dankbare, wenn auch immer noch schwierige Aufgabe. Mehr als bei vielen anderen Pflanzenfamilien tritt bei den Ustilagineen der Grundsatz in den Vordergrund, die Zeichen natürlicher Verwandtschaft nicht einseitig durch morphologische Merkmale zu bestimmen, sondern sie in der Aehnlichkeit der gesammten Entwickelung zu finden. Die Untersuchung trockener Proben bietet grade bei den Ustilagineen nur sehr wenig Material für die Erkenntniss der Gesammtentwickelung einer bestimmten Species, darin liegt eine besondere Schwierigkeit für die Systematiker. Eine andere Schwierigkeit finde ich darin, dass viele Formen, die von genauen und scharfsinnigen Beobachtern als differente Arten angesehen werden, sich oft nur schwer, wie ich meine, mit Zwang durch morphologische Merkmale trennen lassen.

---

[1]) A. Fischer de Waldheim. Aperçu systemat. des Ustilaginées. Paris 1877. S. 7.

Grade daran aber sehe ich ein Interesse geknüpft, welches mir die Systematik der Ustilagineen zu bieten scheint. Wenn wir alle die zahlreichen und genau beobachteten Thatsachen berücksichtigen, die uns über die Entwickelungsgeschichte und Lebensweise der einzelnen Brandpilzformen mitgetheilt worden sind, können wir uns der Wahrnehmung nicht verschliessen, dass uns hier eine Reihe von Formen vorliegt, deren verschiedenwerthige Unterscheidungsmerkmale sehr verschiedene Abstände der natürlichen Verwandtschaft bezeichnen. Einzelne Formen erscheinen mir morphologisch gleichgestaltet, sie besitzen aber unterscheidende biologische Eigenschaften und halten sich auf bestimmten Nährpflanzen oder Gruppen (Familien) bestimmter Nährpflanzen beschränkt. Andere Formen zeigen kleine morphologische Eigenthümlichkeiten, man würde sie in anderen Pflanzenfamilien vielleicht für Varietäten erklären, hier kommen aber bestimmte feststehende biologische Eigenthümlichkeiten hinzu und ihr fester Parasitismus auf bestimmten Nährpflanzen. Manche dieser Formen bilden eine sich allmählich differenzirende Reihe, deren einzelne Glieder im Zusammenhange betrachtet wenig verschieden erscheinen, aber bedeutend, wenn entfernte Glieder der Kette betrachtet werden. Andere wieder sind morphologisch gut und fest unterscheidbar, sie besitzen aber eine grosse Zahl in der Entwicklungsgeschichte besonders hervortretender gemeinschaftlicher Merkmale, dass man sogleich dahin gedrängt wird, ihre gemeinsame Abstammung anzunehmen. So geht die Differenzirung der Formen, Gruppen und Gattungen weiter, und unwillkürlich stellt sich uns durch diese Vergleiche wieder der Satz vor Augen, dass die sogenannten beständigen Formen und Formengruppen, die wir als Art und Gattung bezeichnen, sich auch durch Betrachtung der bestehenden Generationen als etwas Werdendes erkennen lassen. Wenn wir ferner sehen, dass einzelne Gruppen in leicht und allmählich differenzirten Formen sich auf bestimmten verwandten Nährpflanzen entwickeln, und dass viele Formen zwar in zahlreichen Nährpflanzen von grosser natürlicher Verwandtschaft vorkommen, aber in entfernter stehenden Nährpflanzen nicht leben, so lässt sich hieraus wohl ahnen, dass die verschiedene Ernährung auch mit der Differenzirung der Arten in Beziehung steht.

Wie diese Verschiedenwerthigkeit der Artdifferenzen in einer systematischen Zusammenstellung zur Anschauung gebracht werden sollte, ist schwer zu entscheiden. Die Annahme von Unterarten und Varietäten von einer älter beschriebenen Art entsprechen wohl nicht dem natürlichen Sachverhalt, die Auffassung der neueren Beobachter,

die schwach-differenzirten Formen als gleichwerthige Arten neben die schon länger bekannten ihnen ähnlichen Formen zu stellen, ist jedenfalls mehr berechtigt. Am meisten kommt man wohl dem berechtigten Wunsche nach einer dem natürlichen Verwandtschaftsgrade entsprechenden Gruppirung der Arten damit zu Hülfe, dass man in den einzelnen Gattungen eine grössere Zahl von Gruppen und Untergruppen aufstellt, die aber nicht auf rein morphologische, sondern in erster Reihe auf entwicklungsgeschichtliche Merkmale gegründet sein müssten. Eine solche Eintheilung kann natürlich nur in einer grösseren zusammenfassenden Arbeit durchgeführt werden. Freilich würden die vielen Lücken, welche unsere Kenntniss der Ustilagineen jetzt noch bietet, in einer solchen Darstellung noch viel sichtbarer hervortreten als es bei einer mehr morphologischen Zusammenstellung der Fall ist.

2) Persoon[1]) gründete seine Gruppe *Ustilago* als Unterabtheilung von *Uredo* auf ein morphologisches, schon bei der von ihm hier aufgeführten *Uredo violacea* nicht mehr zutreffendes, und auf ein biologisches Merkmal. Das Letztere wird auch jetzt noch von den meisten Autoren als charakteristisches Merkmal für eine Ustilaginee gehalten. Wenn wir genau verfahren wollen, so dürfen wir jetzt nur dann eine Pilzform als Ustilaginee bezeichnen, wenn wir bei derselben eine Summe morphologischer und biologischer Merkmale aufgefunden haben, nämlich: 1) dass das Mycel in dem Gewebe lebender Pflanzen lebt, 2) dass die Sporen sich aus Myceltheilen (Theilen der sporenbildenden Endäste), innerhalb der nährenden Pflanze bilden, und nicht an mehr oder weniger ausdauernden freien Endästen (Sterigmen), und dass bei der völligen Sporenreife dies Mycel schwindet, 3) dass sich bei der Keimung der Sporen eine typische Vorkeimung zeigt durch Bildung kurzer Keimschläuche mit begrenztem Wachsthum *(Promycel)*, an welchem secundäre Sporen *(Sporidien)* entstehen.

Ueberwiegt hiernach bei Umgrenzung der Familie die Beachtung der biologischen Merkmale, so ist dies bei Umgrenzung der Gattungen noch viel mehr der Fall. Es muss jetzt als ganz unmöglich angesehen werden, von einer Ustilaginee mit Sicherheit zu bestimmen, ob sie zu der Gattung *Ustilago* oder *Tilletia* gehört, wenn bei ihr die Art der Sporenbildung oder Keimung nicht bekannt ist. Da dies für sehr viele Arten zutrifft, müssen wir zugestehen,

---

[1]) Persoon, Synopsis methodica fungorum. Gott. 1801. S. 224: Uredo**** Pulvere nigrescente aut fusco, in plantarum fructificationibus parasitico. *(Ustilago.)*

fernliegende gemeinsame Grundform, nur haben sich die einzelnen Merkmale in verschiedener Richtung differenzirt: *Ust. Succisae* hat die grössten Sporen und die hellste Färbung des Epispors, *Ust. floscul.* die kleinsten Sporen aber eine in der Mitte stehende Färbung des Epispors, *Ust. interm.* hält in Bezug auf die Sporengrösse die Mitte, besitzt aber das dunkelste Epispor. — In der gleichen Art der ersten Entwicklung der Promycel- und Sporidienbildung kommt die natürliche Verwandtschaft wieder am klarsten zur Erscheinung.

Aehnlich ist wohl die Keimung und Sporidienbildung bei *Ust. Cardui* Fisch. v. Waldh. (*Ust. Reesiana* J. Kühn)[1]). Die Keimung bei *Ust. Kühniana* Wolff[2]) unterscheidet sich durch ein viel längeres Promycel und durch zahlreiche wirtelständige Sporidien, die bei den Beobachtungen von Wolff nicht copulirten.

4) Es giebt wohl kaum eine Pflanzenfamilie, welche auf eine gleich geringe Anzahl ihr zugehöriger Arten eine gleichgrosse Anzahl verschiedener Brandpilze ernährt wie die der Polygoneen. Soweit mir bekannt, sind auf denselben durch die bis in die neueste Zeit noch von Erfolg begleitete Untersuchung 7 verschiedene Brand-Arten beschrieben worden. Seit mehreren Jahren schon glaubte ich aus der als *Ustilago utriculosa* (Lk.) beschriebenen Art eine in den Blüthen von *Polygonum Convolvulus* L. und P. *dumetorum* L. vorkommende Form als specifisch verschieden ansehen zu können. Sie unterscheidet sich von der typischen z. B. auf *Polygonum lapathifolium* vorkommenden Form durch viel helleres, im frischen Zustande rosenfarben, trocken hell rothbräunliches Sporenpulver. Der Durchmesser der Sporen misst 9—11 (gewöhnlich 10) Mik., ist also etwa so gross wie bei der typischen Form, das Epispor ist viel heller (blass rosenroth), die netzförmigen Leisten sind schwächer und die Maschen enger (meist nicht ganz 2 Mik. im Durchm.). Den ausgebildeten Sporen sind in grosser Menge farblose Sporen von etwas geringerer Grösse beigemischt, die mit einer sehr schwach netzförmig gezeichneten oder auch ganz glatten Membran versehen sind. Diese Beimischung, die übrigens auch bei der Form auf *Pol. lapathifolium* und *P. Persicaria* vorkommt, trägt gewiss auch dazu bei, dem Sporenpulver im Ganzen eine hellere Farbe zu geben. — Die geschilderte Form habe ich schon seit längerer Zeit in Correspondenzen

1) J. Kühn in Rabenhorst, Fungi europaei 1798: das Promycel theilt sich durch Querwände und bildet zahlreiche eiförmige Sporidien.

2) Dr. R. Wolff in Bot. Zeitung 1874 S. 814.

als *Ust. pallida* bezeichnet, neuerdings hat sie J. Kunze[1]) unter dem Namen *Ust. anomala* J. Kze. herausgegeben. Sie ist, wie ich glaube, durch ganz Deutschland verbreitet, ich habe sie sowohl im Westen (Baden) als im Osten (Schlesien) gefunden.

Es wollte mir lange nicht gelingen, die Sporen zur Keimung zu bringen, weder sogleich nach der Reife, noch dann, wenn ich sie den Winter über im Zimmer aufbewahrt hatte. Anfang März 1876 fand ich an einem Waldrande Ranken von *Polyg. dumetorum*, welche in eingetrockneten Blüthen noch reichliche Sporen der *Ustilago* trugen. Diese keimten bei Aussaat auf Wasser im geheizten Zimmer sogleich. Ihre Promycelien waren 24 Stunden nach der Aussaat fertig entwickelt, sie waren cylindrisch, gleichmässig dick, 24 bis 27 Mik. lang, an den Enden abgerundet. Sie theilten sich meist durch drei Querwände, welche indess anfangs kaum kenntlich waren und erst später bei Entleerung des Plasmas deutlich sichtbar wurden, erst dann zeigten sich auch an den Scheidewänden leichte Einschnürungen. Die Sporidien bildeten sich an den Scheidewänden, sehr regelmässig immer zwei zusammen an demselben Punkte. Sie waren elliptisch, an der der Scheidewand zugekehrten Seite abgeflacht, 5 Mik. lang, 2,5 bis 3 breit. Sie fielen immer zusammen ab und waren meist an ihren unteren Enden, seltener an der abgeflachten Seite verbunden. Nie sah ich die Copulation erst später an abgefallenen Sporen erfolgen. Keimung der Sporidien habe ich nicht beobachtet.

Die morphologischen Merkmale dieser Form von der typischen *Ust. utriculosa* sind so gering, dass man geneigt sein kann, sie nur als eine Varietät derselben zu betrachten. Giebt man zu, dass diese constant und an das Vorkommen auf bestimmte Nährpflanzen gebunden ist, so giebt man jener Bezeichnung eine Bedeutung, welche eine logische Unterscheidung derselben von der Species nicht möglich macht.

In der Art der Keimung finden sich einige Aehnlichkeiten mit der der in *Dipsaceen* gefundenen *Ustilagineen*, die regelmässige Copulation der Sporidien repräsentirt aber einen wesentlich andern Typus.

Wie sich die vielen anderen auf *Polygoneen* vorkommenden *Ustilagineen* verhalten[2]), ist, soviel ich weiss, noch nicht bekannt. Eine

---

[1]) Joh. Kunze. Fungi selecti exsiccati. Isleb. 1877. No. 23.

[2]) Es sind ausser den bisher genannten *Ust. utriculosa* Fr., *Ust. pallida* und *Ust. Kühniana* Wolff noch *Ust. Hydropiperis* (Schum.) (= *Ust. Candollei* Tul.), *Ust. Bistortarum* (DC.), *Ust. marginalis* (DC.), *Ust. vinosa* Tul., *Ust. Parlatorii* Fischer v. Waldh.

dieser Formen, welche in den Blättern von *Polygonum Bistorta* L. und P. *viviparum* L. lebt und hier anfangs hochrothe Pusteln bildet, die später aufbrechen und einen fast schwarzen Sporenstaub entleeren, ist von Fuckel früher [1]) als *Tilletia bullata* F. bezeichnet worden, sie ist indess lange Zeit schon bekannt und von De Candolle [2]) als *Uredo bistortarum α pustulata* recht gut kenntlich beschrieben worden. In den Thälern des Schwarzwaldes kommt dieser Pilz auf den Wurzelblättern von *Polyg. Bistorta* häufig vor. Seine jungen Pusteln zeigen sich auf ihnen schon Anfang März. In ihnen findet man das sporenbildende Mycel als gallertartige stark lichtbrechende Stränge von 2—3 Mik. Dicke zwischen den Gewebezellen und in den Intercellulargängen verlaufend. Die Enden sind vielfach verzweigt und knäuelartig zusammengeballt. In jedem Astende entsteht eine Reihe stärker lichtbrechender Kerne, die von der aufgeschwollenen Gallertmasse der Fadenwand umgeben sind, sich später hellviolett färben und endlich die kugligen oder kurz-elliptischen 11 bis 16 Mik. langen, 11—13 breiten Sporen bilden. Ihr Epispor ist undeutlich warzig-punktirt oder fast glatt, im frischen Zustande violett, später bräunlich werdend. Nach dieser Art der Sporenbildung muss der Pilz zu *Ustilago* gestellt werden, und ist also als *Ust. Bistortarum* (DC.) zu bezeichnen. Seine Keimung habe ich leider nicht beobachten können, wiewohl ich wiederholt die Sporen sowohl bald nach der Reife, als auch nach der Ueberwinterung ausgesät habe.

Nach den Erfahrungen, die ich bei *Ustil. pallida* gemacht habe, möchte ich schliessen, dass man die Keimung vieler Ustilagineen, deren Sporen bis jetzt durchaus nicht zu weiterer Entwicklung gebracht werden konnten, dadurch erreichen könnte, dass man sie im Freien auf ihrer Nährpflanze überwintern lässt. In der freien Natur ist dies aber in den meisten Fällen nicht leicht, jene *Ust. Bistort.* habe ich z. B. schon im Juli nicht mehr wieder auffinden können, obschon mir die Stellen, an welchen sie vorkam, ganz genau bekannt waren. In Versuchsgärten wird es aber gar keine Schwierigkeiten bieten, die Pilze auf ihren Nährpflanzen zu lassen und zu controliren, bis die Zeit ihrer Keimfähigkeit herangekommen ist.

5) *Ustilago violacea* (Pers.) ist auf so vielen Pflanzen aus den Familien der Silenaceen gefunden worden, dass man zu der Annahme versucht wird, sie möchte sich auf alle Repräsentanten dieser Familie übertragen lassen. Allerdings ist sie nur auf bestimmten Nähr-

---

[1]) Fuckel, Symbolae mycologicae. S 46.

[2]) De Candolle, Flore française. Bd. VI. Tom. II. p. 76.

pflanzen, besonders *Melandryum album* (Mill.), *Saponaria officinalis* L. und *Dianthus Carthusianorum* L., *Silene inflata* Sm. allgemein verbreitet, aber auch auf anderen z. B. *Silene nutans* L., *Melandryum rubrum* Encke, *Viscaria vulgaris* Röhling, *Coronaria flos-cuculi* (L.) kömmt sie (wenigstens in Schlesien) häufiger vor; als selteneres Auftreten glaubte ich ihr Vorkommen auf *Dianthus deltoides* L., *Silene rupestris* L. und *Dianthus superbus* L. auffassen zu können, auf Ersterer fand ich den Brandpilz bei St. Maergen im Badischen Schwarzwalde, auf *Dianthus superb.* bei Eubigheim im Bad. Odenwalde, auf *Sil. rup.* im Haslithale in der Schweiz.

Viel weniger verbreitet ist der Pilz in der Familie der Alsineen. Ich selbst fand ihn nur an *Stellaria graminea* L. bei Freiburg i/B., auf *Stellaria Holostea* L. sah ich ihn in dem von Duby herstammenden Herbar (in dem Herbar der Universität Strassburg). Die Exemplare waren schon seit 1827 bei Beauvais gesammelt; vor Kurzem hat ihn auf dieser Pflanze auch Cornu bei Paris gefunden.

Sein Vorkommen auf Pflanzen aus anderen Familien (*Liliaceen*) ist unerwiesen, die Angaben darauf scheinen auf Verwechslung mit *Ustilago Vaillantii* zu beruhen.

Da man wohl bei den erwähnten Nährpflanzen eine gleiche Empfänglichkeit für die Einwanderung des Pilzes voraussetzen darf, kann es auffallen, dass man ihn oft nur auf einer Nährpflanze findet, während z. B. benachbarte Pflanzen einer anderen Sileneen-Art gesund bleiben. Ich fand z. B. bei Rastatt in Baden auf weiten Strecken den Pilz auf *Saponaria* verbreitet; von *Silene nutans*, reichlich dazwischen wachsend, war in der ganzen Umgegend der Stadt nie eine vom Pilze befallene Pflanze zu finden, ebenso traf ich dort auf weiten Strecken die *Ustilago* auf *Dianthus Carthusianorum*; auf *Stellaria graminea*, die dicht daneben in Menge wuchs, ging sie nicht über. Ungezwungen erklärt sich dies Verhalten wohl daraus, dass der Pilz in den Wurzelstöcken jener Pflanze perennirt, und auf ihnen jedes Jahr wieder zum Vorschein kommt. Erwachsene Pflanzenstöcke werden durch die Sporen nicht inficirt, die Gelegenheit, Keimpflanzen anderer Arten, die auch zur Blüthenentwicklung gelangen, zu inficiren, scheint aber der Pilz an den betreffenden Stellen nicht zu finden.

An den Dämmen des Murgufers bei Rastatt wachsen grosse Heerden von *Saponaria*-Stöcken, die theilweise von der *Ustilago* befallen sind. Bei den kranken Blüthen zeigte sich sehr häufig eine Neigung zum Uebergang in gefüllte Blüthen, indem die Blumenblätter vielfach gespalten und durch Spaltung vermehrt waren. Es erscheint

mir nicht unwahrscheinlich, dass hier ein Einfluss des Pilzes auf die Nährpflanze die Variabilität in den Blüthen begünstigte, an den gesunden Pflanzen trat dieselbe wenigstens an diesem Standorte nicht auf. Auch bei *Stellaria graminea* schien mir ein solcher Einfluss obzuwalten. Die Pflanzen, welche von der *Ustilago* befallen waren, besassen auffällig kleine Blumenblätter; sie erreichten meist nur die halbe Länge der Kelchblätter. Einzelne gesunde Pflanzen, welche in der Nähe wuchsen, zeigten ganz normale Blüthen, in denen die Blumenblätter so lang wie die Kelchblätter waren. Auch in den von *Ustilago* befallenen Blüthen der *Stellaria Holostea*, die ich gesehen habe, sind die Blumenblätter sehr verkürzt, kaum so lang als die Kelchblätter.

Die Keimung von *Ust. violacea* erfolgt sehr leicht, sogleich nach der Reife. Bei Regenwetter tritt sie sogar schon in den Blüthen der Nährpflanze ein, ich sah im Herbst manchmal die Kelchröhren von *Dianthus carthusianorum* ganz erfüllt mit Promycelien und Sporidien. Die Art der Keimung ist hinreichend bekannt. Sie stellt einen Typus dar, welcher von den beiden vorhergehend besprochenen Typen bedeutend abweicht. Das elliptisch-spindelförmige Promycel, welches in grösster Entwicklung etwa die doppelte Länge und die halbe Breite der Sporen erreicht, fällt nach vollendeter Ausbildung meist sofort ab. Es gleicht so sehr einer grossen Sporidie, dass es sogar als solche bezeichnet worden ist, in seiner weiteren Entwicklung gleicht es aber ganz den anderen Promycelien, denn es theilt sich durch eine mittlere Scheidewand in zwei Hälften, was bei Sporidien nicht beobachtet ist. Später kann sich jede Hälfte noch einmal theilen. Zuweilen, jedoch nicht häufig, spalten sich die beiden Hälften von einander. Gewöhnlich bleiben sie vereinigt, an der Scheidewand bildet sich fast regelmässig eine warzenförmige Erhöhung, in welcher der Inhalt der beiden Hälften communicirt. Diese Copulation ist ganz ähnlich wie die an den Promycelien von *Ustil. Carbo* und *Ust. destruens*. Charakteristisch ist, dass keine eigentlichen Copulationsäste abgegeben werden, sondern die Vereinigung sofort an einem gemeinschaftlichen Punkte der Scheidewand stattfindet. Die Sporidien sind elliptisch oder eiförmig, oft auf einer Seite etwas abgeflacht, etwa 4 Mik. lang, 2—3 breit Ich sah nicht, dass sie später sich vergrösserten. Copulation oder Keimung habe ich bei ihnen nicht beobachtet.

6) In mancher Hinsicht ähnlich ist die Sporenkeimung bei *Ustilago Vaillantii* Tul. Die Sporen aus den Blüthen von *Scilla bifolia* und von *Muscari comosum* verhielten sich darin ganz gleich, sie

keimten sofort nach der Reife, wenn sie bei mässiger Luftwärme (Anfangs April) auf Wasser ausgesäet wurden. Bei der Keimung wird das Epispor an einer Stelle zersplittert, es bildet sich zunächst, wie schon De Bary (kurz erwähnt in der Abhandlung von Fischer von Waldheim) beobachtete, ein kurzer Stiel, welcher sich in einen länglich-elliptischen Körper fortsetzt. Der Stiel wird etwa 3.5 Mik. lang, 2 breit, der elliptische Körper 16—18 Mik. lang, 3.5—4 breit. Letzterer muss in demselben Sinne, wie der cylindrische abfällige Keimschlauch der Spore von *Ust. flosculorum* und der elliptische derer von *Ust. violacea* als Promycel bezeichnet werden. Allerdings versteht man dann unter diesem Namen bei den Ustilagineen ein morphologisches Gebilde, welches eher die Eigenschaften einer Spore als die eines Mycels trägt. Dieses Promycel gliedert sich bald von dem Stengel ab und erscheint dann als spindelförmiger Körper. Es theilt sich durch eine Querscheidewand, welche nicht immer genau in der Mitte, sondern oft dem einen Ende viel näher liegt. Oft theilt sich auch das Promycel in drei Theile. Copulation der einzelnen Abtheilungen finden nicht statt. Hierauf sprossen am Ende des Promycels oder ebenso häufig an einem beliebigen Punkte an der Seitenwand jeder Sporenabtheilung die Sporidien aus. Auch hierbei erhebt sich an dem Sprossungspunkte ein zarter Stiel, der sich bald zu einer spindelförmigen Sporidie erweitert. Der Inhalt der Promycel-Abtheilungen zieht sich dabei nach dem Ansatzpunkte hin und wird bei der Sporidienbildung erschöpft. Die Sporidien werden manchmal bis 12 Mik. lang, 3 breit, meist jedoch haben sie eine Länge von 4 bis 6, bei einer Breite von 2 Mik. Der Inhalt der Spore ist häufig durch die Bildung des abgefallenen Promycels nicht erschöpft. An dem verbliebenen Reste des Stieles bilden sich dann nachträglich kleine Sporidien, welche denen, die aus dem Promycel gebildet wurden, ganz gleich sind.

7) Auf einigen *Carex*-Arten kommt ein Brandpilz vor, welcher auf den Blättern und Halmen derselben in langen und schmalen tiefschwarzen Häufchen hervorbricht. Ich sah ihn zuerst in dem *Erbar. crittog. italiano*, wo ihn Hausmann unter dem Namen *Ustilago destruens a foliicola* ausgegeben hatte, sodann auf *Carex rigida*, im Schlesischen Riesengebirge gesammelt. Dr. Magnus hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Pilz identisch ist mit *Uredo melanogramma* DC. Ich habe in dem Herbar der Universität Strassburg den Pilz in Originalen von Chaillet im Jura auf *Carex digitata* gesammelt gesehen, dies sind, wie De Candolle[1]) angiebt, die

[1]) Flore française Vol. VI. 1815. p. 75. No. 613°.

Originalexemplare, welche ihm vorgelegen haben, durch sie wird die Gleichheit beider Pilze ganz sicher gestellt.

Die ausgebildeten Sporen dieser Form bestehen immer aus zwei Zellen, die mit mehr oder weniger breiter Fläche aneinander haften. Dieser Umstand bewog Unger[1]), den Pilz als *Puccinia melanogramma* zu bezeichnen, und mich selbst, ihn in die Gattung *Geminella* zu stellen[2]).

Im Juni 1876 fand ich diesen Pilz in der Umgegend von Rastatt sehr reichlich auf *Carex digitata*, er trat hier nicht nur, wie von den Autoren angeführt wird, an den Blättern, sondern auch an den Halmen in länglichen Häufchen auf. Auf anderen *Carex*-Arten (*C. glauca, C. hirta, C. pilulifera*), welche in dichter Nachbarschaft mit der angegebenen Nährpflanze lebten, fand ich ihn nie. Ueber die Beschaffenheit, welche die ausgebildeten frischen Sporen im Juni zeigten, ist Folgendes zu bemerken. Jede Spore bestand regelmässig aus zwei Zellen, einfache Sporen fanden sich höchst selten, sie konnten als zerrissene Doppelsporen gedeutet werden. Der Zusammenhang der beiden Zellen fand nur an einer verhältnissmässig schmalen Stelle der Membran statt, nicht mit breiter Fläche, wie bei den Doppelsporen von *Geminella Delastrina*. Jede einzelne Zelle bestand aus zwei verschiedenen Hälften, die äussere Hälfte bildete eine harte brüchige, dunklere braune, halbkugelige Schale, von einer doppelten Membran gebildet, die innere Hälfte, mit welcher die beiden Zellen zusammenhingen, bestand aus einer dünnen hellolivenbraunen Haut, welche beim Eintrocknen zusammenfiel, bei Wasserzusatz aber wieder aufquoll. Wenn die Sporen stark eingetrocknet waren, gewann es den Anschein, dass sich die beiden äusseren Schalen zu einer kugligen Zelle zusammenfügten, in welcher die beiden Hälften der Spore wie Tochterzellen eingeschlossen zu sein schienen.

Die Sporen wurden bald nach dem Einsammeln auf Wasser ausgesät und keimten hier bei einer Luftwärme von 16—17° C. sogleich. 12 Stunden nach der Aussaat waren die Promycelien schon fertig ausgebildet. Jede der beiden Sporenhälften bildete einen Keimschlauch, der immer an einem Punkte der inneren dünnwandigen Seite entsprang, und zwar meist auf derselben Seite, so dass die Promycelien dann gekreuzt über einander lagen. Diese waren cylindrisch, an beiden Enden verschmälert, spindelförmig zugespitzt,

[1]) F. Unger, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse 1836. S. 217.

[2]) Brand- und Rostpilze Schlesiens S. 6: *Geminella foliicola*.

sie wurden 15—17 Mik. lang, 3 breit. Sie fielen sehr leicht, meist schon vor der Sporidienbildung ab. Gewöhnlich bildete sich sogleich an der Spitze des Promycels eine Sporidie, sodann theilte sich jenes durch zwei sehr zarte Querwände in drei Theile, und es bildeten sich sodann an den Scheidewänden noch je eine weitere Sporidie. Sie sassen auf sehr kurzen Stielchen an, erweiterten sich dann und wurden länglich elliptisch bis 5.5 Mik. lang, 2 breit. Copulation oder Keimung beobachtete ich bei ihnen nicht.

Ende Februar dieses Jahres suchte ich an dem mir bekannten Standorte die Nährpflanzen des Pilzes wieder auf und cultivirte einige Stöcke derselben im Zimmer. Mitte März erschienen an den Spitzen der aus der Mitte der überwinterten Blattrosetten frisch aufgeschossenen Blättchen kleine schwarze Flecken, in welchen ich die jungen Sporen des Pilzes fand. Dieselben wurden nur in den Epidermiszellen ausgebildet, wie ich an feinen Querschnitten des Blattes regelmässig fand. Die weiten Epidermiszellen waren mit halbreifen Sporen erfüllt, ihre Wände wurden gebräunt und endlich gesprengt, so dass die Sporenmassen zusammenflossen, endlich wurde die obere Wand der Zellen emporgehoben und schliesslich durchbrochen; in den darunterliegenden chlorophyllführenden Parenchymzellen traf ich keine Sporenbildung an. Stellenweise sah ich in den Zellen, besonders am Rande der Sporenhäufchen ein stark lichtbrechendes 3 bis 3,5 Mik. dickes, vielfach geschlängeltes Mycel, dieses verschlang sich zu Knäueln, die die ganze Zelle erfüllten, es traten stärker lichtbrechende Kerne in ihnen auf und schliesslich war die ganze Zelle erfüllt mit gallertartigen Kugeln mit hellen Kernen, Mycelläste schlangen sich zum Theil um die Massen herum. Die jungen Sporen umgaben sich mit einer braunen Membran und hatten dabei einen Durchmesser von 9—11 Mik. erreicht. In den jüngeren Ballen sind die Sporen einfach, dann treten zwei helle scharf begrenzte Kerne auf, hierauf sieht man eine Theilung des Inhalts eintreten, und endlich sind die Sporen, während sie noch annähernd kugelige oder ellipsoide Gestalt haben, durch eine Querwand in zwei Theile getheilt. Erst später trennen sich die beiden Hälften.

Durch die Sporenbildung sowohl als durch die Art der Keimung unterscheidet sich diese Ustilaginee so merklich von *Geminella Delastr.*, dass es unthunlich ist, sie mit dieser in dieselbe Gattung zu stellen, sie bietet ein deutliches Beispiel dafür, dass man auf die einseitige Kenntniss morphologischer Merkmale hin die systematische Stellung eines Brandpilzes nicht sicher bezeichnen kann. In jeder der beiden angeführten Beziehungen steht *U. melanogramma* der Gattung

Ustilago sehr nahe und unterscheidet sich nur durch die nachträgliche Theilung der Sporen zu einer Doppelspore. Auf dieses Merkmal hin könnte man eine besondere Abtheilung einführen, für die ich den Namen *Schizonella* vorschlage.

Karsten[1]) beschreibt unter dem Namen *Ustilago ambiens* einen Brandpilz, der in den Blättern von Gräsern auf Spitzbergen vorkommt. Ich finde denselben an Exemplaren, die ich der Freundlichkeit des Autors selbst verdanke, ganz ähnlich gebildet wie *U. melanogramma*, soweit sich dies aus den reifen Sporen beurtheilen lässt.

8) Der Pilz, den Tulasne 1847 zuerst als *Thecaphora Delastrina* beschrieben hat, kommt wie es scheint, weit verbreitet in den Früchten verschiedener *Veronica*-Arten vor. Ich fand ihn auf *Veronica triphyllos* L., *V. arvensis* L. und *V. hederifolia* L. in Schlesien und Baden. Auf der erstgenannten Nährpflanze sah ich ihn in dem alten Herbar von Bonjean und Duby, welches jetzt in dem Herbar der Universität Strassburg enthalten ist, an Exemplaren, die etwa in den Jahren zwischen 1820 und 1828 gesammelt waren, es ist daher auffallend, dass der Pilz nicht schon früher bekannt geworden ist.

Die von Fingerhuth aufgestellte Gattung *Thecaphora* umfasst eine Anzahl sehr verschiedenartiger Ustilagineen, von denen die meisten der Gattung *Sorosporium* nahe stehen. Ich glaubte darum auf obige Form eine eigene Gattung aufstellen zu müssen, die nicht allein durch die Bildung der fast immer nur aus zwei Zellen vereinigten Sporen, sondern auch durch eine besondere, von der anderer Ustilagineen verschiedene Art der Keimung charakterisirt wäre. Ich fand diese Keimung im Juni 1869 an Sporen, die ich in Schlesien auf *Veronica arvensis* gesammelt hatte, ganz ebenso, wie sie schon von Tulasne beschrieben worden war. Von den beiden Theilsporen sah ich hier immer nur eine keimen. Der Keimschlauch drang in der Regel aus der Seitenwand der Sporen, hatte an seinem Ursprung etwa 2.5 Mikr. Breite, und verlängerte sich fadenförmig, immer dieselbe Dicke beibehaltend. Drei Tage nach der Aussaat hatte er etwa die 5 bis 6fache Länge der Sporen erreicht, 3—4 Querwände gebildet und gewöhnlich einen kurzen Seitenast getrieben, der sich durch eine Scheidewand abtrennte. Eiförmige Körperchen von 5 bis 6 Mik. Länge und 3 Mik. Breite, die häufig den Enden der Keimschläuche anhingen, hielt ich für die Sporidien. In der Umgegend von Rastatt findet sich der Pilz sehr häufig in den Früchten

---

[1]) Karsten. Öfversigt af k. vetensk. Akad. Forhandlingar. 1872. Stockholm. No. 2. S. 108.

von *Veronica hederifolia.* Die Form der Sporen weicht hier von der, die ich zuerst auf *V. arvensis* fand, etwas ab. Die Sporen bestehen häufig nur aus einer Zelle, welche dann etwas grösser ist als die einzelnen Zellen der zweizelligen Sporen, der grössere Theil der Sporen ist indess auch hier zweizellig, was bei den Ustilago-Sporen nie der Fall ist. Ein anderer Unterschied besteht darin, dass die warzenartigen Verdickungen des Epispors minder stark sind, sie ragen bei Einstellung auf den Rand nur als schwache Wellen, nicht als Zapfen vor, und erscheinen bei Einstellung auf die Fläche oft als flache kurze Leisten. — Bei dieser Form entwickelt sich die Schale der Samen ganz normal, der dunkel blaugraue Sporenstaub füllt dieselben zuletzt aus, die Kapseln scheinen gedunsen wie bei gesunden Früchten.

Die Sporen dieser Form keimten sehr leicht, und zwar sowohl bald nach der Reife, als auch im December im geheizten Zimmer nach Aufbewahrung im Herbar. Die Keimung trat bei den frischen Sporen schon in den ersten 24 Stunden, bei dem aufbewahrten Material am zweiten oder dritten Tage ein. Der Vorgang war bei vielfach wiederholten Aussaaten immer derselbe, und zwar sehr abweichend von dem, wie er mir früher vorgekommen war. Bei den Doppelsporen keimte gewöhnlich nur eine, doch zuweilen auch beide Zellen. Das Epispor wurde bei der Keimung an einem Punkte zersplittert und durch den Keimschlauch etwas vorgedrängt, so dass es dessen Ursprung wie eine kurze Scheide umgab. Am Grunde war der Keimschlauch etwa 2 Mik. breit, erweiterte sich dann bauchig auf 3 bis 4 Mik. und verengte sich darauf wieder in einen schmalen Hals, so dass er im Ganzen flaschenförmig erschien, er erreichte meist eine Länge von 6 bis 7, seltener von 9 Mik. Nachdem er sein Wachsthum vollendet, schwillt die Spitze kugelförmig an. Diese Anschwellung schnürt sich darauf ab und wird zur ersten endständigen Sporidie. Bald darauf schwillt das Promycel-Ende wieder an und bildet eine zweite kuglige Sporidie, die mit der Ersten verbunden bleibt, die Sprossung setzt sich nun fort bis der Inhalt der Sporen erschöpft ist. Die Sporidien lösen sich entweder einzeln ab oder bleiben in Ketten, meist aus 4, zuweilen aber auch aus 6—7 Sporidien bestehend, an der Spitze des Promycels haften. Jene sind kuglig, 2.5 bis 3 Mik. im Durchmesser, mit farblosem Inhalt erfüllt, dessen Mitte eine grosse stark lichtbrechende Kugel einnimmt. Ich habe sie nicht keimen sehen, auch keine Copulation bei ihnen beobachtet. Da die Keimung der Sporen bei der gewöhnlichen Lufttemperatur bald nach der Reife eintritt, kann sie auch im Freien bei den starken Juni-

Regen nicht ausbleiben. Die Sporidien finden um diese Zeit keine Gelegenheit in Keimpflanzen der Acker-Ehrenpreisarten einzudringen, es ist daher ziemlich wahrscheinlich, dass die Sporidien eine längere Ruhezeit durchzumachen haben.

Diese Art der Sporenkeimung ist von der anderer Ustilagineensporen so verschieden, dass durch dieselbe die Abtrennung der Gattung *Geminella* noch sicherer begründet wird. Die von Tulasne beschriebene Keimungsart habe ich nicht wieder erzielen können, vielleicht entspricht sie der fadenförmigen Keimung ohne Promycel, die manchmal bei *Tilletia* und *Entyloma* eintritt.

Ein anderes wichtiges Merkmal zur Charakterisirung von *Geminella* ist die von anderen Ustilagineen verschiedene Bildung der Sporen, die von G. Winter[1]) so vollständig beschrieben worden ist, dass ich das hier nur anzudeuten brauche. Besonders wichtig ist, dass die Membran der sporenbildenden Aeste nicht gallertartig aufquillt, dass diese Aeste schon bei Anlage der Sporen die Breite derselben haben und in sehr frühem Stadium sowohl als bis kurz vor der Sporenreife sehr deutliche Querwände besitzen.

Geminella Delastrina steht somit sowohl hinsichtlich ihres Mycels als hinsichtlich der Keimung ihrer Sporen ganz vereinzelt unter den Ustilagineen da.

9) Die *Tilletia*-Arten sind, soweit sie bisher durch Keimung und Bildung der Sporen sicher in diese Gattung gestellt werden können, sämmtlich nur Parasiten von Grasarten, sie leben zum grösseren Theil in den Fruchtknoten der Gräser, nur wenige Formen kommen in dem Blattgewebe vor.

Die Fruchtknoten bewohnenden *Tilletien* bilden zusammen eine natürliche Gruppe, deren Glieder durch viele gemeinschaftliche Merkmale ihre natürliche Verwandtschaft verrathen. Hierzu gehört die gleiche Art ihres Vorkommens, die ähnliche, in verschiedenen Abstufungen von Braun schwankende Färbung des Epispors, und der specifische Geruch nach Heringslake, welcher allen diesen Arten in frischem Zustande eigen zu sein scheint. Ich fand denselben auch bei *Till. decipiens* (Pers.[2]) und *Till. separata* J. Kze.[3]). Das letztere Merkmal ist bei Pilzen als Zeichen naher Verwandtschaft nicht

[1]) G. Winter. Einige Notizen über die Familien der Ustilagineen. Flora 1876. S. 146.

[2]) Persoon. Synopsis S. 225: *ε Uredo decipiens:* pulvere loco seminum glumis incluso, latente. — Hab. intra glumas Agrostis pumilae L., varietatis morbosae Agr. vulgaris.

[3]) J. Kunze. Fungi selecti exsiccati No. 29.

unwichtig. Bei grösseren Pilzen wird sehr oft eine Species durch einen ihr eigenthümlichen Geruch charakterisirt, und dieses Merkmal bleibt dann oft unverändert, während Grösse, Gestalt und Farbe in weiten Grenzen variiren.

Hinsichtlich der Grösse der Sporen, der Höhe der Leisten des Epispors, der Weite der Maschen und der mehr oder weniger dunkelen Färbung finden sich bei den einzelnen Formen erhebliche Differenzen, die Formen lassen sich aber in eine Reihe zusammenstellen, in welcher diese Unterscheidungsmerkmale bei den nahestehenden Formen nur gering sind.

Bei öfterer Untersuchung der *Tilletia*-Formen, von denen ich selbst Proben besitze, fand ich folgende Maasse:

	Nährpflanze.	Sporen-Durchm.	Höhe der Leisten.	Weite der Maschen.	Farbe des Epispors.
1) *Till. foetens* (Berk. et C.)	*Triticum*	15—20	0	0	hellbraun.
„ *T. laevis* Kühn		(die elliptische Spore 18—22: 15—17)			
2) *T. Lolii* Kühn	*Lolium arvense*	16—18 (meist 16)	0.5—1	3.5	ocherfarben.
3) *T. sitophila* (Ditm.)	*Triticum*	16—20 (meist 17)	1—1.5	4	braun.
4) *T. Secalis* (Corda.)	*Secale cereale*	18—22 (meist 20)	2	3.5—4	dunkelbraun.
5) *T. calospora* Passerini	*Alopecurus agrestis*	20—22 (meist 20)	2—2.5	3.5—4	braun.
6) *T. controversa* Kühn	*Agropyrum repens*	20—22 (meist 22)	2—2.5	dito.	braun.
7) *T. separata* J. Kze.	*Apera Spica venti.*	22—24 (meist 24)	2.5—3	4	dunkelbraun.
8) *T. decipiens* (Pers.)	*Agrostis vulgaris*	24—28 (meist 26)	2.5—3	4	dunkelbraun.

Für diese Reihe sind gewiss noch weitere Mittelglieder vorhanden. Körnicke[1]) beschreibt z. B. eine *Tilletia Hordei*, welche ihren Maassen nach zwischen *T. sitophila* und *T. secalis* steht und Fischer von Waldheim[2]) eine *Till.* in *Holcus lanatus*, welche der *T. decipiens* am nächsten steht, und sie wohl noch hinsichtlich der Grösse der Sporen (26—30) und der Dicke des Epispors (3—4) übertrifft. Wahrscheinlich kommen noch in dem Fruchtknoten anderer Gräser

[1]) Fr. Körnicke. Mykologische Beiträge. Hedwigia 1877 S. 30.

[2]) Aperçu e. c. S. 50: „127 *Tilletia Rauwenhoffii* F. de W. (= *Polycystis Holci* Westd.)." Auf diese Bemerkung hin würde sie der von mir befolgten Art der Nomenclatur nach als *Till. Holci* (Westd.) zu bezeichnen sein. Ich halte es für geeignet bei einer Species den Speciesnamen des ersten Autors unbedingt festzuhalten, und für genügend den ersten Autor hinter dem Speciesnamen zu citiren. Hat sich der Gattungsname geändert, so kann dies durch Klammern um den Namen des ersten Autors angedeutet werden.

Tilletia-Formen vor, welche leicht noch mehr Zwischenstufen bilden würden.

Wie ich schon im Eingang erwähnte, bin ich nicht der Ansicht, dass man auf diese Zwischenformen hin berechtigt ist, eine dieser Formen als Stammform, die anderen als Abänderungen aufzufassen, sie stehen vielmehr, da sie constant und in ihrer Besonderheit auf bestimmte Nährpflanzen beschränkt bleiben, gleichberechtigt gegenüber. Sie besitzen auch, wie J. Kühn[1]) so klar nachgewiesen hat, besondere biologische Eigenthümlichkeiten, durch welche sie sich unterscheiden.

10) Die blattbewohnenden *Tilletia*-Formen sind bisher noch wenig untersucht worden. Nur von *T. olida* (Riess) = *T. endophylla* De By. und *T. striaeformis* (Westd.) = *T. de Baryana* Fisch. v. Waldh. steht, bei Ersterer durch die Untersuchungen von De Bary, bei Letzterer durch die von Fischer von Waldheim fest, dass es wirkliche *Tilletia*-Arten sind.

T. striaeformis ist auf *Holcus lanatus* L. sehr weit verbreitet. Ich habe den Pilz auf dieser Nährpflanze in verschiedenen Gegenden von Baden und Schlesien selbst sehr häufig eingesammelt und besitze auch Exemplare aus England. Ganz gleich erscheint mir eine *Ustilaginee*, welche ich auf *Dactylis glomerata* L. öfter in Schlesien und Baden gesammelt habe. Ich habe diese Form früher für *Ustilago Salveii* B. et Br.[2]) gehalten, und bin auch jetzt noch der Ansicht, dass *T. striaef.* und *Ust. Salveii* identisch sind. Die Beschreibung des Letzteren, welche Berkeley und Cooke geben, stimmt so ziemlich mit *T. str.* überein und ich besitze Exemplare aus England, die als *Ust. Salv.* bezeichnet sind und deren Sporen in Form und Grösse vollständig denen jener *Tilletia* gleichen. Ganz den gleichen Pilz finde ich auch auf den Blättern von *Briza media* L., *Milium effusum* L. und *Agrostis vulgaris* With., die in Schlesien von Lehrer Gerhardt und Zimmermann gesammelt wurden, und auf *Arrhenatherum elatius* (L.), auf dem ich ihn selbst bei Rastatt in Baden fand.

Auf allen diesen Gräsern finde ich die Sporen des Brandpilzes ziemlich gleich, kuglig, elliptisch oder eiförmig, oft etwas einseitig abgeplattet, 9—11 Mik. breit, 10—13 lang. Das Epispor ist mehr

[1]) J. Kühn. Der Weizensteinbrand u. s. w. Landwirthschaftl. Zeitung f. Westfalen und Lippe 1875. No. 1 und 2.

[2]) In Cooke: Handbook und allen späteren Quellen ist *Ust. Salveii* B. et Br. citirt. In Streinz Nomenclator fungorum S. 655 finde ich angeführt. *Ustilago Salvei* Desm. ann. sc. nat. 1853 XIX. 213.

oder weniger olivenbraun, mit ziemlich dichtstehenden, kaum 1 Mik. langen Stacheln besetzt. Bei tieferer Einstellung der Sporenoberfläche erscheint diese zuweilen, und zwar bei allen Formen, mit feiner Netzzeichnung versehen.

Wenig unterschieden erscheint mir auch eine Form, die Lehrer Gerhardt im Schlesischen Riesengebirge auf *Calamagrostis Halleri* DC. gesammelt hat. Sie entspricht vielleicht der *Tilletia Calamagrostidis* Fuck.[1]), bei den Exemplaren, die ich untersuchte, fand ich die Durchmesser der Sporen meist zu 12—13, in einzelnen Fällen selbst bis 15 Mik. Ihr Epispor möchte ich ebenfalls als stachlig bezeichnen, undeutliche Netzzeichnung ist auch hier, wie bei den vorgenannten Formen oft aufzufinden, noch öfter wird sie durch Oeltropfen in dem Sporeninhalt vorgetäuscht.

Morphologisch stehen diese Formen der von mir in den Blättern von *Phalaris arundinacea* aufgefundenen *Ustilago echinata*[2]) nahe, nur sind bei dieser die Sporen merklich grösser, nämlich meist 15 bis 16, in einzelnen Fällen selbst 19 Mik. im Durchmesser. Vielleicht finden sich in den Blättern anderer Gräser noch ähnliche Brandpilze, die in allmählichen Uebergängen die Unterschiede zwischen diesen Formen vermitteln, wie dies bei den *Tilletia*-Formen in den Fruchtknoten der Fall ist.

Es ist übrigens, wie ich hier bemerken will, nicht ganz zutreffend, wenn als Localisation für die Spore der *Till. striaeformis* nur die Blätter der verschiedenen Grasarten angegeben werden. Sowohl auf *Holcus* als auch auf *Dactylis* und auf *Arrhenatherum* habe ich die Sporen häufig an den Halmen und den Blüthenspindeln getroffen. Der Pilz gleicht darin ebenso wie in dem strichförmigen Auftreten auf den Blättern der *Urocystis occulta*, er kann daher leicht mit derselben verwechselt werden, besonders auf *Arrhenatherum*, das von beiden Pilzen heimgesucht wird.

Mir selbst ist es nie gelungen, die Sporen von *T. striaeformis* zum Keimen zu bringen, wiewohl ich sie zu verschiedenen Jahreszeiten ausgesät habe.

11) Die Gattung *Entyloma* steht, wie sich nach den Untersuchungen De Bary's[3]) ergeben hat, der Gattung *Tilletia* in ihrer Entwicklung ausserordentlich nahe. Nachdem jene Untersuchungen die

---

[1]) Fuckel, Symb. mycol. S. 40.

[2]) Brand- und Rostpilze Schlesiens S. 4.

[3]) A. de Bary. *Protomyces microsporus* und seine Verwandten. Bot. Zeitung 1874 S. 81 ff.

allgemeine Aufmerksamkeit der Mykologen auf diese Pilze gezogen hat, stellt es sich heraus, dass sie zu den verbreitetsten Pflanzenschmarotzern gehören. Dies gilt zunächst für den ersten Repräsentanten der Gattung, den *Protomyces microsporus* Unger, das *Entyloma Ungerianum* De Bary [1]). Ich habe diesen Parasiten auf *Ranunculus repens* in Baden fast an allen Orten gefunden, auch wo ich mich nur vorübergehend aufgehalten habe, auf Waldwiesen, an Ackerrainen, Wegerändern, in der Ebene und in den Bergen, vom Mai bis in den December; in der Schweiz traf ich ihn z. B. an der Gotthardtstrasse bei Altdorf; aus Schlesien erhielt ich ihn durch Lehrer Gerhardt, der ihn schon 1871 bei Liegnitz gesammelt hatte. Derselbe fand diesen Pilz auch in einer neuen Form, auf *Ranunculus bulbosus* L. Auf den Blättern dieser Pflanze verursacht er dieselben halbkugligen oder schwielenartigen Auftreibungen wie auf *Ran. repens*. Die Sporen haben ebenfalls ein dickes und höckeriges, mehrschichtiges Epispor, welches 4 bis 5, und an den Höckern bis 7 Mik. Dicke erreicht. Der Durchmesser der ganzen Spore beträgt dadurch 17 bis 22 Mik.

12) In den Blättern von *Ranunculus Ficaria* (L.) lebt ein Pilz, der von G. Winter [2]) zuerst als *Entyloma* erkannt, aber als eine Form von *E. Ungerianum* DBy. aufgefasst wurde, er ist indess von dem *Entyloma*, welches in den beiden vorhergenannten *Ranunculus*-Arten gefunden wurde, durch einige wesentliche Merkmale verschieden. Zunächst bildet er keine schwieligen Erhebungen, sondern nur flache kreisförmige Flecken von der Dicke der Blätter von 2 bis 3 mm. Durchm. und von weisser, später in der Mitte gelbbräunlicher Farbe. Die Sporen haben meist einen Durchmesser von 11, höchstens von 13 Mik., ihr Epispor ist glatt, kaum 1 Mik. dick, sehr hellbräunlich; sie ähneln mehr den Sporen von *E. Corydalis* DBy., als denen von *E. microsporum* (Ung.); von den Ersteren unterscheiden sie sich fast nur durch das hellere Epispor.

Der Pilz ist, wie es scheint, überall sehr häufig, er findet sich an den heerdenweise verbreiteten Nährpflanzen in Wäldern, Hecken, selbst an Dorfwegen und ist durch die weissen Flecken, welche in grosser Menge über die Blätter zerstreut sind, von Weitem schon auffällig. Dass diese *Entyloma*-Form nicht schon früher

---

[1]) Aus den Rücksichten, die ich bei *Till. Holci* anführte, bin ich der Ansicht, dass der Pilz als *Ent. microsporum* (Unger) bezeichnet werden muss. Der Hinzufügung eines zweiten Autornamens bedarf es auch hier nicht.

[2]) In Rabenhorst: Fungi europaei exsiccati No. 1873.

beschrieben worden ist, erklärt sich wohl daraus, dass sich auf der Oberfläche der Flecken, welche sie enthalten, meist lange spindelförmige Sporen in rasenförmiger Verbreitung finden, die die Aufmerksamkeit der Beobachter abgelenkt haben. Diese sind als *Fusidium Ranunculi* von Bonorden, unter dieser Bezeichnung auch von Fuckel (*Symbol. mycol.* S. 370) beschrieben worden. Mit *Septoria Ficariae* Desm. gleich *Depazea ficariaecola* Lasch., mit der sie in der spindelförmigen Form der Sporen übereinkommt, ist dieses *Fusidium* nicht zu verwechseln. Winter erklärt diese Sporen für die Conidienform des *Entyloma*.

Ganz gleich der Form auf *Ficaria* ist eine, welche auf *Ranunculus sceleratus* gefunden wird. C. A. J. A. Oudemans hat dieselbe in Rabenhorst's *Fung. europ.* No. 1576 unter der Bezeichnung *Septoria Ranunculi* Westendorp ausgegeben. An dem Exemplare, welches ich davon besitze, finden sich auf der Oberfläche des Blattes in kreisförmigen Flecken die schimmelartigen Rasen der *Fusidium*artigen Sporen, darunter in der Blattsubstanz immer die *Entyloma*-Sporen. Ich erhielt den gleichen Pilz auch von Dr. Magnus aus der Umgegend von Berlin, von Lehrer Gerhardt aus Liegnitz und von J. Kunze aus Eisleben. Um die Priorität der Beobachtung richtig zu stellen, muss ich hervorheben, dass mir Dr. Magnus schon Mai 1873 den Pilz mittheilte und dass er damals schon bei ihm die Protomycesartigen Sporen in der Blattsubstanz aufgefunden hatte.

Auch an anderen *Ranunculus*-Arten kommt der Pilz vor. Von Dr. W. G. Schneider erhielt ich unter der Bezeichnung *Depazea* einen in Schlesien auf *Ranunculus auricomus* gesammelten Pilz. Auf den Blättern fanden sich hier scharf umschriebene verblasste Flecken, die dem, was gewöhnlich als *Depazea* bezeichnet wird, in der That ähnlich sahen, gegen das Licht gehalten erschienen sie aber dunkeler als die übrige Blattmasse und in ihnen war das Gewebe dicht erfüllt mit kugligen Sporen, die denen des *Entyloma* auf *Ficaria* in jeder Beziehung gleich waren.

Der angeführten Unterscheidungsmerkmale wegen hatte ich den Pilz als besondere Species betrachtet, und in Correspondenzen als *Ent. Ficariae* bezeichnet, es ergiebt sich aber, dass er durchaus nicht neu ist. Seine *Entyloma*-Sporen sind vielleicht zuerst von Dr. Magnus aufgefunden worden, literarisch erwähnt werden sie von Cornu und Roze, die in den Bulletins de la Société bot. de France 1874 S. 161 eines *Protomyces Ficariae* gedenken, den sie in der Umgegend von Paris gefunden haben. Ob *Gloeosporium Ranunculi* B. (Cooke fung. brit. 533), welches G. Winter als

Synonym citirt, eine ältere Bezeichnung für diese Form ist, ist mir nicht bekannt. In M. C. Cooke: Handbook of British Fungi I. 1871 No. 1413 wird auch ein *Gloeosporium Ficariae* Berk. aufgeführt, welches wohl hierher gehört. Berücksichtigt man noch die Bezeichnungen, welche die *Fusidium*-Sporen gefunden haben, so sind: *Fusidium Ranunculi* Bonorden Handbuch der Myk. 1851 p. 43, *Septoria Ranunculi* Westendorp 5me Notice sur les Crypt. nouv. ou inéd. de la flore Belge. (Jahrgang ist mir unbekannt) zu erwähnen. Von diesen Synonymen wird der älteste zur Bezeichnung des Pilzes auszuwählen sein, wahrscheinlich ist er somit *Entyloma Ranunculi* (Bonorden) zu nennen.

13) Abweichend von diesen beiden *Entyloma*-Formen auf *Ranunculus*-Arten ist ein Pilz, welchen Prof. Passerini bei *Parma* auf *Ranunculus velutinus* gefunden hat. Er veranlasst auf den Blättern flache braune Flecke von etwa $\frac{1}{2}$ Centimeter Länge, oft zusammenfliessend. Die Sporen liegen ganz wie bei den anderen *Entyloma*-Arten dicht gedrängt zwischen den Parenchymzellen, sie sind kuglig oder kurz elliptisch, 12 bis 16 (meist 15) Mik. lang, 11 bis 14 breit; ihr Epispor ist hellbräunlich, 1.5 bis 2 Mik. dick, und, was für die Form charakteristisch ist, ziemlich dicht und regelmässig mit flachen rundlichen Warzen besetzt, die bei der Einstellung auf den Rand als regelmässige Wellenlinien vortreten und bei tiefer Einstellung der Fläche wie undeutliche Netzzeichnung erscheinen. Prof. Passerini hat diesen Pilz neuerdings *Entyloma verruculosum* [1]) benannt.

14) De Bary hat schon die Vermuthung ausgesprochen, es würden, wenn einmal die Aufmerksamkeit darauf gerichtet würde, bald noch mehrere Pilzformen gefunden werden, die zu der Gattung Entyloma zu rechnen wären. Die vorhergehenden Bemerkungen bestätigen dies schon, aber gewiss trifft die Vermuthung noch in viel weiterem Umfange zu. Ich kann noch einige solcher Formen anführen, die in ihrem habituellen Auftreten, in dem Sitz der Sporen zwischen den Parenchymzellen der Nährpflanzen, der Mycelbildung und der Form und Grösse der Sporen soviel Aehnlichkeit mit den bekannten Entyloma-Arten zeigen, dass es wohl nicht zu unvorsichtig sein wird, solange über ihre Entwicklung nichts näheres bekannt ist, sie zu dieser Gattung zu rechnen.

Eine derselben erhielt ich 1875 ebenfalls durch Prof. Passerini aus Parma. Sie war auf den Blättern von *Muscari comosum* gefunden worden und wurde mir unter der Bezeichnung des Uredo's zu

---

[1]) In Rabenhorst, Fungi europ. exsicc. 2253.

Uromyces Muscari (Duby) mitgetheilt. Ich habe bei *Urom. Musc.* nie eine Uredoform beobachtet, nähere Untersuchung zeigte mir nun, dass dieser Pilz auch keine Uredinee war. Er bildete an den Blättern seiner Nährpflanze elliptische und rautenförmige, etwa 1 Centimeter lange, flache, missfarbig-bräunliche Flecke. Auf der Oberfläche derselben war keinerlei Sporenbildung zu bemerken, die Oberhaut war nirgends durchbrochen. Zwischen den Zellen des Blattparenchyms lagerten kuglige Sporen von etwa 11 Mik. Durchmesser mit einem glatten hellbraunem, dünnen Epispor versehen. — Mit Bezug auf die mitgetheilte Bemerkung des Entdeckers dieses Pilzes glaube ich diesen als *Entyloma Muscari* (Passerini) bezeichnen zu können. Er steht morphologisch dem *E. Corydalis* De By. sehr nahe.

15) Bei Durchsicht der Pilze, welche Lehrer Gerhardt bei Liegnitz gesammelt und mir freundlichst zur Bestimmung zusandte, fiel mir eine reiche Sammlung Pflanzen von *Linaria vulgaris* auf, deren Blätter über und über mit weissen Flecken bestreut waren. Diese sind kreisförmig, und haben etwa 2 Millim. im Durchmesser. Von anderen Flecken, die man wohl öfter auf dieser Pflanze findet, und die von mechanischen Verletzungen oder den Stylosporen oder Spermogonien von Ascomyceten herrühren (wahrscheinlich z. B. *Septoria Antirrhini* (Desm.), unterscheiden sie sich sogleich dadurch, dass sie gegen das Licht gehalten dunkler als wie die umgebende Blattsubstanz erscheinen, flach, in der Mitte etwas dicker und gelblich gefärbt sind, und dass ihre Umrisse nicht scharf abgegrenzt sind, sondern in die grüne Blattsubstanz verschwimmen. Die Flecken sahen denen, die *Entyloma Ranunculi* bildet, so ähnlich, dass es nahe lag, hier einen ähnlichen Parasiten zu suchen. In der That fanden sich auch zwischen den Zellen des Blattparenchyms reichliche Sporen. Diese waren kuglig oder kurz elliptisch, 11 bis 14 (meist 12) Mik. lang, 9 bis 12 breit; sie besitzen eine aus zwei gleichdicken Schichten bestehende, im Ganzen 2 bis 2.5 Mik. dicke ocherfarbene Membran; die äussere Schicht ist stellenweise mit flachen Verdickungen versehen, so dass die Sporen meist etwas eckig erscheinen. Dieser, von Gerhardt Anfang November gefundene Pilz stellt wohl eine gut zu unterscheidende *Entyloma*-Art dar, die *Ent. Linariae* genannt sein möge.

16) Ein auf den Blättern von *Chrysosplenium alternifolium*, wie es scheint nicht selten vorkommender Pilz gehört auch in diese Gattung. Er bildet flache gelblichweisse, kreisförmige Flecke von 2 bis 6 Millim. Durchmesser, die besonders auf der Blattunterseite deutlich hervortreten. Die Sporen, welche diesen Flecken erfüllen,

sind kuglig, meist 10 Mik. im Durchmesser, von einem glatten, fast farblosem Epispor umkleidet, und mit blassgelblichem Inhalt erfüllt. Ich fand den Pilz bei Rastatt und bei Freiburg in Baden. Er möge als *Ent. Chrysosplenii* bezeichnet sein.

17) *Ent. Calendulae* (Oudemans) fand ich in Baden sehr verbreitet. In mehreren Gärten sah ich den Parasiten auf *Calendula officinalis* jedes Jahr wiederkehren. In den Wäldern bei Freiburg in Baden fand ich im September 1876 auf den Blättern von *Hieracium vulgatum* K. eine *Entyloma*-Form, welche dem *E. Calend.* sehr ähnlich ist. Sie bildet auf den Wurzel- und Stengelblättern 1—3 Mm breite gelblichweisse, in der Mitte hellbräunliche Flecke, die pustel- oder schwielenförmig über die Blattsubstanz vorragen. Die Sporen sind kuglig, 11—13, meist 11 Mk. im Dchm., ihre Membran ist bei völliger Reife hellbraun, ziemlich glatt, 1.5—2 Mk. dick, aus zwei gleichdicken Schichten gebildet. Bei *Ent.* auf *Calendula off.* sind die Sporen meist etwas weniges grösser und die Membran etwas dicker. Ich glaube die Unterschiede sind so gering, dass jene *Ent.*-Form auf *Hieracium* vorläufig zu *Ent. Calendulae* gerechnet werden kann.

18) Eine weitere *Entyloma*-Art findet sich im Frühjahre (April, Mai) auf den Blättern von *Myosotis stricta* Lk. und *M. hispida* Schl. Der Pilz, den ich als *Entyl. canescens* bezeichne, bildet anfangs auf den Wurzelblättern, später auch auf den Stengelblättern, flache weisse Flecke, gewöhnlich von kreisrunder Gestalt, von 1—2 Mm. Durchm., deren Umrisse scharf von der Blattsubstanz abgegrenzt sind. Die Sporen, welche in dichten Massen zwischen den Parenchymzellen lagern, sind kuglig 11—13 Mk. im Durchm., mit $1\frac{1}{2}$ Mk. dicker, glatter zweischichtiger Membran. Sie keimen sehr leicht bald nach ihrer Reife und bilden in derselben Weise wie *Ent. microsporum* an der Spitze des etwa 4 Mk. breiten 14—30 Mk. langen Vorkeimes, lang-spindelförmige Kranzkörper (Sporidien) von 26—40 Mk. Länge und 2.2—3 Mk. Breite. Die Keimung der Sporen erfolgt auch regelmässig auf der lebenden Pflanze, und ältere *Entyloma*-Flecke sind dicht überzogen mit Lagern von Sporidien. — Der Pilz ist, wie ich glaube, sehr verbreitet. Ich habe ihn erst beachtet, seit mir *Entyloma Ranunculi* bekannt geworden war, und ich in Folge dessen eine Reihe von Formen genauer untersuchte, die wir bis dahin als *Fusidium*-Formen betrachtet hatten. Jene weissen Flecke auf *Myosotis*blättern waren mir früher oft aufgefallen, ich hatte aber geglaubt, sie würden durch eine *Ramularia* hervorgerufen, die auf anderen *Boragineen* z. B. besonders häufig auf *Pulmonaria officinalis* ähnliche kreisförmige

Flecke hervorruft (*Cylindrospora concentrica* Grev., *Fusidium cylindrosporum* Corda). Diese *Ramularia*-Form hat indess nicht die geringste Beziehung zu *Entyloma canescens*, ich habe sie bei näherem Vergleich auf *Myosotis* noch nicht aufgefunden, das *Entyloma* aber traf ich in der Nähe von Rastatt in Baden überall sehr häufig, wo die Myosotispflanzen von höheren Gräsern umgeben aufwuchsen, besonders an den Abhängen von Dämmen.

19) Wie es scheint, lassen sich die *Entyloma*-Arten ihrer Entwicklung nach in zwei Gruppen scheiden, von denen die eine Arten enthält, deren Sporen bald nach der Reife auf der lebenden Pflanze keimen und hier *Fusidium*artige Sporidien-Lager bilden, während bei den Arten der zweiten Gruppe die Sporen erst keimen, wenn sie aus ihren Lagern isolirt sind, so dass sich hier auf der lebenden Pflanze keine *Fusidium*-Lager bilden. In die zweite Gruppe gehören wohl *E. microsporum* (Ung.)[1]), *E. Eryngii* (Cda.), *E. Calendulae* (Oud.), *E. Corydalis* DBy. Letzteres ist in Gebüschen in der Umgegend von Rastatt auf *Corydalis solida* nicht selten, ich beobachtete es von seinen ersten Anfängen an, konnte aber keine Bildung von Sporidienlagern auf der lebenden Pflanze auffinden. In die zweite Gruppe sind *E. Ranunculi* (Bon.) und *E. canescens* zu stellen. Ferner gehört hierher ein *Entyloma* (ich will es *E. fuscum* nennen), das ich in dem letzten Frühjahr in den Blättern von *Papaver Argemone* fand. Auf den Wurzelblättern junger Pflänzchen, welche an einem Dammabhange zwischen Gras und Moos feucht eingebettet wuchsen, fanden sich vielfach weisse Flecke. Diese waren manchmal auf einen kleineren Theil des Blattes begrenzt, nahmen aber zuweilen fast die ganze Blattfläche ein, besonders deutlich erschienen sie auf der Unterseite, das Blatt war nicht merklich verdickt, die Umrisse der Flecke waren nicht bestimmt umgrenzt. In der Blattsubstanz ruhten in dichten Lagern rundliche Zellen, sie bestanden aus einer inneren kugligen oder elliptischen Spore von 11 bis

---

[1]) Auf *Ranunculus repens* kommt ein Fusidiumartiger Pilz vor, dessen äusseres Ansehen ganz an die Sporidienlager von *E. Ranunculi* erinnert. Er bildet ebenfalls flache, elfenbeinweisse, in der Mitte gelbliche Flecken von $1\frac{1}{2}$—2 mm. Durchm., reichlich über die ganze Blattfläche verstreut. Sie bestehen aus dichten Lagern fadenförmiger, an den Enden zugespitzter, 40—50 Mik. langer, 2.5—3 Mik. breiter farbloser Sporen, die den Sporidien von *E. Ran.* ganz ähnlich sehen. In dem Blattparenchym verläuft ein dünnes Mycel, es findet sich aber hier keine Spur der *Entyloma*-Sporen. Vorläufig lässt sich also eine Beziehung dieser Fruchtform (*Fusidium eburneum* n. f. ad int.) zu *Entyloma* nicht feststellen.

15 Mik. Dchm., umhüllt von einer 1 Mik. dicken kastanienbraunen glatten Membran; um diese herum lagerte eine dicke mehrschichtige gallertartige Hülle, die 2 bis 5 Mik. stark, anfangs farblos, später hellbräunlich war, nicht an allen Stellen gleich dick, so dass die Sporen in den äusseren Umrissen nicht ganz regelmässig waren; ihr Durchmesser mit dieser äusseren Hülle betrug 17—23 Mik. Bei feuchtem Wetter, oder im Zimmer in feuchter Luft, bedeckten sich die weissen Flecke mit zarten buschartigen, weissen, schimmelförmigen Rasen, einer *Ramularia* nicht unähnlich. Auf Durchschnitten des Blattes war deutlich zu erkennen, dass die *Entyloma*-Sporen Keimschläuche getrieben hatten, die aus den Spaltöffnungen bündelweise hervortraten. An ihrer Spitze bildeten diese kranzförmig 5—8 Sporidien, die anfangs cylindrisch waren, später dieselbe langspindelförmige, fast fadenförmige Gestalt annahmen wie die Sporidien von *E. canescens;* auch die Grössenverhältnisse sind schliesslich dieselben.

20) Vor einigen Jahren hatte M. C. Cooke einen in England auf *Arum maculatum* gefundenen Pilz als *Protomyces Ari* beschrieben. Ich vermuthe, dass derselbe identisch ist mit einem Pilze, den E. Rostrup auf Fünen in Dänemark auf derselben Pflanze gefunden und in v. Thümen's *Mycotheca universalis* No. 531 unter dem Namen *Ustilago plumbea* ausgegeben hat. Die dicken, festen, immer von der Oberhaut bedeckten Schwielen, welche der Pilz bildet, bieten nicht das Aussehen einer echten *Ustilago*-Galle. Die Sporen lagern in dichten, niemals staubig werdenden Haufen zwischen den Zellen des Blattdiachyms, und oft haften ihnen noch Reste eines 2 bis 3 Mik. dicken Mycels an. Sie sind elliptisch eiförmig oder polygonal, eckig, meist 14 bis 18, manchmal bis 22 Mik. lang, 12 bis 14 breit; ihr Epispor ist dunkelbraun 2.5 bis 3 Mik. dick, deutlich zweischichtig; die äussere Schicht ist etwas heller gefärbt, und meist an 1 bis 4 Stellen zu flachen Höckern verdickt, durch welche die Sporen ihre vieleckige Gestalt erhalten. — Leider habe ich bei den im Frühjahr 1876 ausgesäten (ein Jahr alten) Sporen keine Keimung erzielt, kann also kein sicheres Urtheil über die systematische Stellung des Pilzes geben. Dem geschilderten Verhalten nach scheint er aber kaum zur Gattung *Ustilago* zu gehören, dagegen hat er soviel mit einzelnen *Entyloma*-Formen, besonders mit *Ent. Eryngii* gemein, dass ich ihn vorläufig wenigstens in diese Gattung stellen würde.

Der Pilz, den F. Unger auf *Paris* fand und als *Protomyces Paridis* bezeichnete, scheint der ausführlichen Beschreibung nach,

die er von demselben giebt[1]), dem vorherbesprochenen Parasiten sehr nahe zu stehen oder eine Mittelstellung zwischen diesem und *Polycystis Colchici* einzunehmen. Leider ist er, wie es scheint, nicht mehr wiedergefunden worden, man wird ihn aber jedenfalls zu den Ustilagineen rechnen müssen.

21) Die Arten der Gattung *Polycystis* (Léveillé 1846) sind einander in ihren biologischen Verhältnissen so ähnlich, in ihren morphologischen Merkmalen oft so veränderlich, dass es ausserordentlich schwer ist, sie genau zu begrenzen.

Vergleicht man *Polycystis*-Formen, die Pflanzen aus weitentfernt-stehenden Familien bewohnen, z. B. *P. Anemonas* (Pers.) auf *Ranunculaceen* mit *P. occulta* (Wallr.) auf *Gramineen*, so fällt die Unterscheidung nicht schwer; handelt es sich aber um den Vergleich von Formen, die auf Pflanzen derselben Familie wohnen, so ist es meist sehr schwierig, sichere und besonders constante Unterscheidungsmerkmale aufzufinden.

Polycystis occulta (Wallroth) ist für den Roggen eine ähnliche Plage wie *Tilletia sitophila* für den Weizen. Es ist eigenthümlich, dass sie sich in Europa auf keiner anderen der cultivirten Getreidegräser findet, und dass sie nicht allgemein verbreitet und endemisch, sondern strichweise und epidemieartig auftritt, während die auf wildwachsenden und Wiesengräsern vorkommenden *Polycystis*-Formen sehr verbreitet sind und jedes Jahr wiederkehren. Man kann dies kaum anders erklären, als dadurch, dass *Polyc. occulta* von jenen Formen specifisch verschieden ist.

Wenn dies wirklich der Fall ist, so muss ich gestehen, dass ich nicht im Stande bin, die Arten durch morphologische Merkmale zu unterscheiden.

Ich habe bis jetzt auf folgenden Grasarten *Polycystis*-Formen

---

[1]) T. Unger. Die Exantheme der Pflanzen. Wien 1833. S. 344: „Näher der erstern Form (*Protomyces macrosporus*) verwandt, sah ich eine seltene Art, *Protomyces Paridis*, auf den Stengeln und Blättern von *Paris quadrifolia*, stellenweise jene in schwärzlichen Ausbreitungen durchdringend oder an diesen nach Art eines Xyloms ausgebreitet. Die Anschwellungen des Stengels waren verflossen und enthielten, sowie die dunkeln mehr umschriebenen Stellen der Blätter in den erweiterten Intercellulargängen ebenfalls eine dunkele Sporenmasse. Die Sporidien zeichnen sich aber hier besonders dadurch aus, dass sie eine ebenso zusammengesetzte Form darstellen, wie wir in *Caeoma pompholygodes* und *C. ficariae* Schl. bemerkten, nur bemerke ich, dass der krankhafte Stengel und das Blatt der *Paris* ebensowenig aufbricht, als diess bei *Protomyces* im Allgemeinen der Fall ist.“

gesehen: *Secale cereale* L., *Triticum repens* L., *Arrhenatherum elatius* (L.), *Festuca rubra* L.

Polycystis occulta auf *Secale* besitze ich aus Sachsen, Bayern und Schlesien. In Baden habe ich sie, trotzdem ich fortwährend darauf geachtet habe, noch nicht gefunden, in Schlesien wurde sie schon 1873 von Lehrer Gerhardt in Liegnitz gesammelt, aber erst in vorigem Jahre hat sie sich dort epidemisch über die ganze Provinz verbreitet [1]).

Die *Polycystis*-Form auf *Triticum repens* ist zuerst im Jahre 1849 von Preuss in der Ober-Lausitz beobachtet und [2]) als *Uredo Agropyri* beschrieben worden. Sie ist jedenfalls sehr weit verbreitet, ich kenne sie von vielen Orten Schlesiens und Badens, und sah sie an den Stellen, wo ich sie zuerst antraf, alljährlich wiederkehren, so dass ich glaube, sie ist in dem Wurzelstocke der Quecke perennirend; auch aus Sachsen, Böhmen, Italien und Dänemark besitze ich Exemplare dieser Form. Körnicke deutet an [3]), dass sie wahrscheinlich identisch sein möchte mit einer Form, die in Neuholland auf Weizen gefunden worden ist. Sollte sich dies durch seine Versuche bestätigen, so würde auch auf die Weizen-Form der Name *Polyc. Agropyri* (Preuss) zu übertragen sein. Die morphologischen Unterschiede, welche Körnicke zwischen *Urocystis Tritici* Kke. und *U. occulta* Wallr. findet, konnte ich bei den von mir untersuchten Exemplaren nicht constant finden. Gewöhnlich wird für *U. Agropyri* nur das Vorkommen in den Blättern angeführt, ich fand sie aber auch oft an den Halmen und in den Blüthenspindeln, ja selbst an den Hüll- und Deckspelzen, wobei dann die Blüthen verkümmerten.

Die Form auf *Arrhenatherum elatius* ist schon von Fuckel [4]) erwähnt worden. Ich sah sie seit mehreren Jahren in der Umgegend von Rastatt an vielen Orten in Menge auftreten [5]).

Auf den Grasflächen des Festungs-Glacis, welches grossentheils mit *Arrhenatherum* bestanden, ist sie jedes Jahr an denselben Stellen wiedergekehrt. Bei dem geselligen Wachsthum der Nährpflanze war ihr verderblicher Einfluss auf dieselbe recht klar ersichtlich. Die Pflanzen blieben gegen ihre gesunden Nachbarn sehr im Wachsthum zurück, die mit reichlichen schwarzen Längslinien des Pilzes besetzten Blätter welkten bald, und standen schon Mitte Mai gelb

1) F. Cohn, Der Landwirth. v. 11. und 21. Juli 1876.
2) Linnaea. Band 24 S. 102. 3) a. a. O. S. 34.
4) Symb. myc. S. 41. 5) Ausgegeb. in Rabenhorst. Fungi europ. exs. No. 1780.

da, während die benachbarten Raygraspflanzen noch kräftig grünten und hoch aufschossen. Gewöhnlich ging der Pilz auch auf die Halme und Blüthenstände über, diese blieben aber meist unentwickelt in den Blattscheiden eingeschlossen; manchmal indess schossen die Halme, wiewohl sie mit langen Brandstreifen bezeichnet waren, empor und erreichten fast die normale Länge, die Blüthen entwickelten sich aber immer sehr kümmerlich. Die Art, wie die einzelnen Blüthentheile ergriffen waren, war sehr mannigfaltig. Sehr oft waren nur die Aehrchenstiele in dicke, kolbige, schwarze Anschwellungen verwandelt, die Blüthen verkümmerten dann gänzlich, ohne dass der Pilz in sie eindrang; in anderen Fällen entwickelte sich dieser in den Blüthentheilen selbst, manchmal zeigte er sich nur auf dem Rücken einer Deckspelze, manchmal erfüllte er den Blüthenstiel und den Fruchtknoten, von dem nur die Narben frei blieben, sehr häufig füllte er nur die Staubfäden aus, oder auch nur einen derselben und hatte diesen in eine dicke schwarze Keule verwandelt, an deren Spitze die verkümmerten Staubbeutelfächer aufsassen, manchmal war auch nur ein Theil des Fruchtknotens von der Sporenmasse durchsetzt.

Eine Eigenthümlichkeit dieser *Polycystis*-Formen ist es, dass sie nicht selten mit anderen Brandpilzen zusammen dieselbe Nährpflanze bewohnen. Schon Prof. J. Kühn[1]) bemerkte, dass die von ihm als *Urocystis Preussii* bezeichnete Form auf den Blättern von *Triticum repens*, an denselben Exemplaren vorkam, welche an den Halmen von *Ustilago hypodytes* (Schl.) besetzt waren. Auf *Arrhenatherum* habe ich häufig an demselben Exemplare auf den Blättern *Polycystis*, in den Blüthenständen *Ustilago segetum* (Pers.) beide reichlich entwickelt gefunden; die *Ustilago* hatte meist alle Blüthentheile, sämmtliche Spelzen bis zu den Grannen hin, die Spindeln und Stiele der Aehrchen, ja sogar die Rispenäste bis zu dem Ansatz an den Halm ergriffen und zu dicken schwarzen Massen umgewandelt. In den Halmen sah ich in diesen Fällen keine *Polycystis*-Häufchen, auch fand ich nie Sporen dieses Pilzes zwischen den *Ustilago*-Sporen. Die beiden Parasiten schliessen sich also auf derselben Pflanze räumlich aus.

Wie schon erwähnt, habe ich in Baden noch nie *Pol. occulta* auf Roggen gefunden, oft aber fand ich die *Polycystis*-Formen auf *Arrhenatherum* und *Triticum repens* an Wiesenstücken, Wegerändern und Feldrainen, welche dicht an Roggenfelder grenzten. Es ist gewiss auffallend, dass hier keine Infection erfolgte. Ich bin

---

[1]) In Rabenhorst, Fungi europaei exs. No. 1898.

ganz dazu geneigt anzunehmen, dass hier wirklich verschiedene Formen vorliegen, deren einziger Unterschied aber in ihrem biologischen Verhalten beruht. Dieses ist aber noch nicht genau ergründet, endgültig kann nur durch oft wiederholte und genau überwachte Culturen ein Urtheil über die specifische Verschiedenheit dieser Formen gewonnen werden.

22) Bei der Unterscheidung morphologisch ähnlicher parasitischer Pilze wird meist der Grundsatz festgehalten, dass solche Pilze als specifisch verschieden erachtet werden, wenn sie auf Nährpflanzen aus verschiedenen Familien vorkommen. Ob dieser Grundsatz berechtigt ist oder nicht, kann nur durch sorgfältige Experimente entschieden werden, die für die einzelnen Falle meist nicht schwer durchführbar sein, aber doch jahrelang fortgesetzte Versuchsreihen erfordern würden. Wenn wir vorurtheilsfrei zurückblicken, müssen wir überrascht sein, dass in früheren Jahren, als an der strengen Scheidung der Form-Arten festgehalten wurde, oft als einziges Merkmal bei Speciesbegrenzung das Vorkommen auf differenten Nährpflanzen aufgestellt wurde. Nach den Grundsätzen, die in den einleitenden Sätzen zugegeben sind, würde es immerhin als genügend erachtet werden können, eine Form für specifisch verschieden zu halten, wenn sie bei übrigens morphologischer Gleichheit (womit nur bezeichnet werden soll, dass sie bei unseren Untersuchungsmethoden morphologisch gleich erscheinen) constant ausschliessend verschiedene Nährpflanzen bewohnen.

Kommen nahestehende Formen auf nahestehenden Familien vor, so ist der Entschluss des Systematikers, jene als besondere Species aufzufassen, erfahrungsgemäss schwerer. Dies zeigt z. B. auch die Form, die gewöhnlich als *Polycystis Colchici* (Schlecht.) zusammengefasst wird, gleichviel ob sie auf *Liliaceen* oder auf *Colchicaceen* vorkommt. Erst in neuerer Zeit ist der auf einzelnen *Liliaceen* lebende Pilz mit besonderen Namen belegt worden, von Passerini mit dem Namen *Urocystis magica* und von Körnicke als *U. Ornithogali.*

Ich kenne den Pilz auf folgenden *Liliaceen: Scilla bifolia* L.; *Allium nigrum* L. (von Prof. Passerini aus Parma erhalten); *Allium rotundum* L.; *Allium Cepa* L.; *Convallaria Polygonatum* L.; *Muscari comosum* L. (letztere beiden Formen von v. Niessl aus Mähren erhalten); *Muscari racemosum* L.

In allen diesen Formen zeigten Sporen und Sporenballen nicht unerhebliche Abänderungen in Grösse und Zahl der centralen Sporen und der Hüllzellen, constant war besonders immer eine grosse Zahl

der Letzteren, die sogar manchmal mehrschichtig waren. Constante Unterschiede zwischen der Form auf *Liliaceen* und auf *Colchicaceen* sind mir nicht aufgefallen. Soll die *Liliaceen*-Form einen besonderen Namen haben, so wird der von Passerini, welcher wohl zuerst publicirt ist, beizubehalten sein.

Wegen ihres Vorkommens auf einer Culturpflanze ist die Form auf *Allium Cepa* erwähnenswerth. Ich sah einige Exemplare dieser Form, welche in Süd-Frankreich gesammelt waren, in dem Herbar der Universität Strassburg; die Pflanzen waren in ihrer Entwickelung durch den Pilz erheblich geschädigt. Die Blätter waren in dicken langen Polstern von dem Parasiten besetzt, besonders auch an den unterirdischen Theilen, eine Zwiebelbildung war bei der jungen Pflanze nicht ordentlich zu Stande gekommen, offenbar würde sie sich nicht haben weiter entwickeln können. Da der Pilz auf perennirenden *Liliaceen* vorkommt, die in Gärten gezogen werden und auf Aeckern wachsen, wäre es sehr wohl möglich, dass er einmal eine Epidemie bei den angebauten Laucharten veranlassen könnte. Vor kurzem erregte in N.-Amerika eine epidemische Krankheit der Gartenzwiebeln Aufsehen, es wurde auch berichtet, dass auf den kranken Pflanzen ein Pilz mit *Urocystis*-artigen Sporen gefunden worden sei. Dass dieser Pilz wirklich eine *Polycystis* gewesen wäre, ist indess aus den Beschreibungen desselben nicht zu ersehen.

Polycystis Colchici übt, wie es scheint, auch einen nachtheiligen Einfluss auf seine Nährpflanze aus, ich habe wenigstens überall, wo ich den Pilz fand, ihn nie auf einem fruchttragenden Exemplare gefunden, so dass ich annehmen möchte, er verhindert die Ausbildung der Früchte.

23) Auch auf den den *Liliaceen* und *Colchicaceen* zunächst stehenden Pflanzenfamilien, den *Irideen* und *Juncaceen*, kommen ähnliche *Polycystis*-Formen vor. Die Form auf *Gladiolus*, welche schon seit langer Zeit bekannt ist[1]), ist neuerdings von W. G. Smith[2]) in England wiederentdeckt und als neue Art beschrieben worden.

Lehrer Gerhardt hat bei Jauer in Schlesien eine Ustilaginee auf *Luzula pilosa* Willd. gefunden, welche in den unterem Theile der Blätter mehrere Centimeter lange Längsreihen bildet. Diese Reihen bleiben beständig von der Oberhaut bedeckt und erscheinen daher bleigrau; gewöhnlich stehen sie ganz dicht nebeneinander, über

---

1) *Uredo Gladioli* Requien in Duby. Bot. Gall. II. — *Erysibe arillata* γ. *Gladioli*. Wallroth. flor. crypt. II. S. 211.

2) W. G. Smith. The gladiolus disease. Gardeners chronicle 1876. S. 420.

die ganze Blattfläche verbreitet und enden nur nach oben abgebrochen in ungleicher Höhe. Sie enthalten Sporen-Ballen von kugliger oder elliptischer Gestalt, 24 bis 35 Mik. im Dchm., von dunkelbrauner Farbe, fast undurchsichtig. Sie bestehen in der Mitte aus einem Conglomerat von 2—5 rundlichen Sporen von 11—15 Mik. Dchm. und mit dunkelbrauner Membran, umgeben von einer Hülle kleinerer Zellen. Diese haben 5—7 Mik. im Dchm., sind ebenfalls dunkelbraun und meist zusammengedrückt, oft so stark, dass sie kaum erkenntlich sind und nur wie eine höckrige Hüllmembran erscheinen. Der Pilz muss ebenfalls zu *Polycystis* gestellt werden und mag als *P. Luzulae* bezeichnet sein.

24) *Polycystis Filipendulae* Tulasne, ist jedenfalls identisch mit *Uredo Filipendulae* Dietrich und wohl auch mit *Uredo Filipendulae* Lasch.[1]). Fischer von Waldheim[2]) rechnet sie in seiner Monographie zu den zweifelhaften *Urocystis*-Arten. Ich fand dieselbe vor längeren Jahren bei Trebnitz in Schlesien und glaube, dass sie eine gut charakterisirte Species dieser Gattung ist. Es finden sich allerdings in dem Sporenstaube öfter isolirte Sporen, aber häufiger Sporenballen, theils überwiegend aus ausgebildeten Sporen zu zwei oder mehreren verbunden bestehend, theils von kleineren Zellen von dunkeler Farbe eingehüllt. Die Grösse der Ballen, die Anzahl der Hüllzellen und der ausgebildeten Sporen in einem Ballen, sowie die Grösse der Ballen und Sporen, wechselt in sehr weiten Grenzen, es ist dies aber bei den verschiedenen Formen von *Polyc. Anemones* (Pers.) (*Polyc. pompholygodes* Lév. und der meisten Autoren) ebenso der Fall. Ein besonderes Merkmal der *P. Filip.* scheint mir darin zu bestehen, dass die centralen Sporen meist unregelmässig, oft sehr langgestreckt (bis 24 Mik. lang), und häufig eckig erscheinen. Letzteres rührt davon her, dass das Epispor stellenweise zu flachen Höckern verdickt ist.

Ich säete Sporen, die etwa zwei Monate aufbewahrt worden waren, auf destillirtes Wasser aus. Diese keimten zum Theil nach ein bis 2 Tagen, und trieben einen Keimschlauch, der etwa die Länge der Sporen erreichte. Auf seiner Spitze bildete sich ein kegelförmiges Büschel von 5 bis 6 länglich cylindrischen Sporidien von ungefähr derselben Länge und fast derselben Breite wie die Keimschläuche. Eine weitere Entwicklung habe ich nicht beobachtet. Jedenfalls genügte dies, um den Pilz unzweifelhaft zu *Polycystis* zu stellen.

---

[1]) In Rabenhorst, Herbar. mycolog. 590.
[2]) Pringsheim's Jahrbücher I. VII.

25) Die wenigen Arten der Gattung *Sorosporium* sind hinsichtlich ihrer Entwicklungsgeschichte noch so wenig bekannt, dass es bis jetzt nicht möglich ist, ihnen eine sichere Stelle im System anzuweisen. Morphologisch kommen die einzelnen Sporen den *Ustilago*-Sporen am nächsten, und dies gilt auch für die Sporenbildung, soweit dieselbe untersucht ist.

Sorosporium Saponariae Rud. ist ein Parasit, der ziemlich dieselben Pflanzengruppen bewohnt wie *Ustilago violacea* (Pers.). Auf *Saponaria officinalis* L. ist er am meisten verbreitet, auf *Silene inflata* hat ihn J. Kunze bei Eisleben gesammelt, auf *Dianthus deltoides* erhielt ich ihn aus Liegnitz von Gerhardt, auf *Stellaria Holostea* L. von v. Niessl aus Brünn, auf *Cerastium arvense* L. aus Liegnitz von Gerhardt und aus Bayreuth von v. Thümen. Die letztere Form wurde mir unter der Bezeichnung *Ustilago Durieuana* Tul. zugesandt. Ich kann nicht feststellen, ob die Proben dem Tulasne'schen Pilze entsprechen, jedenfalls konnte ich bei ihnen keinen wesentlichen Unterschied von der *Sorosporium*-Form auf *Saponaria* finden. Eine Verschiedenheit in der äusseren Erscheinung des Parasiten wird allerdings dadurch herbeigeführt, dass er bei den Pflanzen aus der Gruppe der *Sileneen* meist die Blüthentheile, besonders Blumenblätter, Staubfäden, Blüthenboden der mehr oder weniger weit entwickelten Blüthen bewohnt, während er bei den *Alsineen (Stellaria, Cerastium)* die Spitzen der Aeste und den Grund der oberen Blätter erfüllt, die sich dann zu einer knospenartigen Anschwellung schliessen, und einer Blattgalle, wie sie z. B. nicht selten in den Zweigspitzen von *Stell. Holost.* zu finden ist, gleichen. v. Niessl hat schon in Rabenhorst's Fung. europ. No. 1899 auf dieses Verhalten des Pilzes auf *Stellaria Holostea* aufmerksam gemacht, und bemerkt, dass er sich hier erst nach der Blüthezeit entwickelt.

Sorosporium bullatum, welches ich vor Jahren in den Fruchtknoten von *Panicum Crus galli* L. gefunden hatte, traf ich in Baden ebenfalls verbreitet an. Ich konnte hier an halbreifen Exemplaren wenigstens das Sporen bildende Mycel des Pilzes auffinden. Der Pilz tritt gewöhnlich nur in einzelnen Blüthen auf, die zwischen ganz gesunden zur normalen Frucht heranreifenden Blüthen sehr zerstreut sind. Im ausgebildeten Zustande ist er sehr auffällig durch die bedeutende Auftreibung, welche die Früchte erfahren, in jüngerem Alter ist er aber nicht leicht zu finden. In den jüngsten Zuständen, die ich sah, war die junge Frucht ganz von dem sporenbildenden Mycel des Pilzes erfüllt. Dieses war in seinen Haupt-

zweigen 4 bis 5 Mik. dick, von knorpelartigem Ansehen; es ging in mehrfach dichotome Verzweigungen aus und bildete gekrümmte Endäste, die eine bedeutendere Dicke, von 7 bis 9 Mik. besassen und mit halbkugliger Abrundung endeten. Sie verflochten sich zu dichten Knäueln, die stark lichtbrechende gallertartige Ballen bildeten, im Umfange von dicken kurzen Zweigen eingeschlossen, die nach allen Seiten strahlenförmig abstanden. Die freien Endäste hatten ein ausgesprochen gallertartiges Ansehen, in ihrem Innern zeigten sich reihenweise hellere Stellen, zwischen denen die Fäden eingeschnürt waren, aber ohne Scheidewandbildung. In der Mitte der Knäuel trat eine bräunliche Färbung ein, und die Ausbildung der Sporen schritt in den einzelnen Ballen von der Mitte nach der Aussenfläche fort. In dem Innern der jüngsten Ballen sah ich eine Menge von etwa 2 Mik. breiten, stark lichtbrechenden Kernen, in eine Gallertmasse eingebettet. Die Bildung der Sporen ist also wohl auch hier sehr ähnlich, wie bei *Ustilago.*

26) Die Gattung *Thecaphora* Fingerhuth unterscheidet sich von *Sorosporium* meiner Ansicht nach nur sehr wenig, die Sporen sind in den meisten Fällen in den Ballen fester vereinigt und ihre Membran ist in Folge dessen an den vereinigten Stellen glatt, während sie an den auswärts gekehrten Flächen meist mit verschiedenartigen Warzen, Stacheln u. s. w. besetzt ist. Wie sich die Sporen bei der Keimung verhalten, ist mir unbekannt.

Zu *Tuburcinia* Fries. möchte ich vorläufig einen Parasiten rechnen, welcher in den Stengeln von *Veronica hederaefolia* lebt, und welchen ich nirgends anders passender einreihen kann. Ich erhielt ihn von Lehrer Gerhardt aus Liegnitz zugesendet, er findet sich dort auf Sand- und Lehmäckern im Mai, wie mir mitgetheilt wurde immer nur an sehr feuchten Stellen. Die von den Parasiten ergriffenen Pflanzentheile · Stengel und Blattstiele sind federkielartig aufgetrieben bis zur Dicke von 2 Millimeter, zumeist sind sie auch stark verkrümmt, sie haben völlig das Ansehen von Insektengallen. Die Anschwellungen sind ganz erfüllt mit einem zimmtbraunen Pulver, welches aus kugeligen oder elliptoidischen Sporenballen besteht, zwischen den sich ein sparsames Mycel vorfindet. Letzteres ist vielfach geschlängelt, sparsam verzweigt, mit undeutlichen Scheidewänden versehen, in den stärkeren Aesten 6, in den zarteren 3 bis 4 Mik. dick. Die Sporenballen sind hellbraun, meist 18 bis 22, aber auch bis 28 Mik. lang, 18 bis 24 Mik. breit. Sie sind aus einer grossen Zahl einzelner Zellen zusammengesetzt, die aber von einer zarten und farblosen gemeinschaftlichen Cuticula bedeckt, und so fest mit

einander verschmolzen sind, dass sie sich durch Druck nicht trennen lassen, auch wölbt sich ihre Aussenwand nur wenig vor, die Ballen erscheinen daher als ziemlich regelmässige Kugeln oder Ellipsoide, deren Oberfläche mit rundlichen Feldern von 4 bis 4.5 Mik. bedeckt ist. Durch Kochen mit Kalilösung und Glycerin werden die Ballen sehr durchsichtig, man erkennt dann, dass sie aus einer einfachen Lage von Zellen bestehen, die sich nach innen zu verschmälern, und in der Mitte einen freien Raum von etwa 6 bis 9 Mik. Durchm. lassen. Nach dieser Behandlung lassen sich auch die einzelnen Zellen trennen und erscheinen dann eiförmig-pyramidal, 8 bis 9 Mik. lang, im oberen Theile meist 4 bis 4.5 Mik. breit; ihre Membran ist glatt, an der äusseren breiteren Seite verdickt, etwa 2 Mik. stark; in ihrer Mitte findet sich ein rundlicher stark lichtbrechender Kern.

Ich habe diesen eigenthümlichen Parasiten (er mag vorläufig *Tuburcinia Veronicae* genannt sein) nur im völlig ausgebildeten Zustande genauer untersuchen können, es ist jedenfalls noch weitere Beobachtung nöthig, um über seine Natur und seine systematische Stellung klar zu werden.

Rastatt, im März 1877.
(Mit Nachträgen vom Juli 1877.)



Erklärung der Abbildungen.

Tafel XII.

Fig. 1. *Ustilago intermedia* Schr. a) Promycel- und Sporidienbildung. b) Abgefallenes Promycel mit Sporidien. c) Ruhende Sporidien.

Fig. 2. *Ustilago flosculorum* DC. Promycel mit Sporidienbildung.

Fig. 3. *Ustilago* in den Blüthen von *Polygonum dumetorum*. a) Promycel mit Sporidienbildung. b) Copulirte Sporidien.

Fig. 4. *Ustilago Vaillantii* Tul. aus den Blüthen von *Scilla bifolia*. a) Promycelbildung. b) Sporidienbildung aus dem Stiele nach Abfall der Promycelien. c) Sporidienbildung aus den Promycelien. d) Ruhende Sporidien.

Fig. 5. *Geminella Delastrina* (Tul.). a) Keimung und Promycelbildung. b) Sporidienbildung. c) Ruhende Sporidien.

Fig. 6. *Schizonella melanogramma* (DC.). a) Keimung und Promycelbildung. b) Sporidienbildung. c) Sporidien abgefallen.

Vergr. 1200 : 1; Zeichnung mit Oberhäuserschem Zeichenapparat.



Ueber zwei neue Entomophthora-Arten.

Von

Prof. N. Sorokin.

Mit Tafel XIII.

Obgleich die Insektenkrankheiten, welche durch die Gattung *Entomophthora (Empusa, Myiophyton)* verursacht werden, schon seit Göthe bekannt sind, so haben wir doch eine gründliche Kenntniss von der Entwicklung dieser Parasiten erst in der letzten Zeit erhalten, Dank den ausführlichen Forschungen von Ferd. Cohn[1]), Lebert[2]), O. Brefeld[3]), die sowohl den Ansteckungsprozess, als auch die Entwicklung der Krankheit erklärt haben. Die eben erwähnten Gelehrten und mehrere Andere (Cienkowski, Woronin, Bail), die die Frage vom Polymorphismus berührten, beobachteten aber meistentheils den Parasiten der Stubenfliegen *(Ent. Muscae)*, und nur bei Fresenius treffen wir 7 *Entomophthora*-Arten, die auf verschiedenen Insekten vorkommen, an; leider beschrieb Fresenius schon todte, vertrocknete Insekten und die Entwickelungsgeschichte der von ihm beobachteten Arten konnte daher nicht berührt werden[4]). Aus Brefeld's gründlichen und scharfsinnigen

[1]) *Empusa Muscae* und die Krankheit der Stubenfliegen. (Nova Acta Acad. Leop. etc. 1855. T. XXV. p 1.)

[2]) Ueber die Pilzkrankheit der Fliegen. 1856.

[3]) Untersuchungen über die Entwicklung der *Empusa Muscae* und *Emp. radicans*, und die durch sie verursachten Epidemien der Stubenfliegen und Raupen. (Abhandl. d. Naturf. Gesell. zu Halle. 1871. B. XII. 1. Heft. S. 1.)

[4]) Abhandl. der Senkenberg'schen Naturf. Gesell. Bd. 2. II. Abth. S. 201. In Bot. Zeitung 1856. S. 883 erwähnt Fresenius kurz drei Arten von *Entomophthora* — *E. Muscae*, *E. Grylli* und *E. sphaerosperma* und weist auf die verschiedene Form der Sporen hin.

Beobachtungen der *Ent. radicata*, die in Kohlraupen lebt, ist es bekannt geworden, dass einige Arten dieser Gattung sogenannte Haftorgane, secundäre Sporen u. s. w. entwickeln können; kurz die Entwicklung einzelner Arten kann ziemlich stark von dem, was wir bei dem Pilz der Fliegenkrankheit beobachten, abweichen.

Erwähnt, aber nicht näher beschrieben ist von Reichardt, Cohn und Schneider[1]) *E. Aulicae* und *Jassi*. Endlich erwähnt Cornu[2]) eine *Ent. Planchoniana*.

---

1) Im Juli 1876 bemerkte ich in den grossen mit Wasser angefüllten Kufen, die zum Begiessen der Pflanzen im botanischen Garten von Kasan hingestellt waren, eine Menge todter Mücken, welche zu den drei Arten *Culex pipiens*, *C. annulatus* und *C. nemorosus* (?) gehörten. Sie schwammen alle auf der Oberfläche des Wassers mit nach oben gekehrtem Abdomen, nach allen Seiten ausgestreckten Füsschen und halbentfalteten Flügeln. Das Abdomen war stark aufgeblasen, die Segmente waren auseinandergegangen und aus den Zwischenräumen kam eine weisse dicke Masse hervor. Der mittlere Theil des Abdomen war von dieser Masse wie mit einer dichten Schicht bedeckt (Fig. 1). Kurz, die todten Mücken hatten ganz dasselbe Ansehen, wie die Stubenfliegen, die von *Ent. muscae* getödtet waren. Man konnte auf der Oberfläche des Wassers auch solche Mücken antreffen, deren Abdomen aufgeblasen war, die aber noch schwache Lebenszeichen von sich gaben: entweder standen sie wie versteinert, zuweilen krampfhaft mit den Füsschen zuckend, oder lagen auf der Seite und machten zuweilen Anstrengungen sich aufzurichten. Man konnte diese kranken Insekten mit den Händen fassen, sie betrachten und dann wieder auf die Oberfläche des Wassers legen — und dennoch machten sie nicht den geringsten Versuch davonzufliegen.

Bei aufmerksamer Beobachtung derjenigen Exemplare, die auf der Seite lagen, konnte man bemerken, dass auf der Seite, mit welcher sie das Wasser berührten, das Auseinandergehen der Segmente weit früher begann, als auf der Seite, die der Luft zugekehrt war. Sobald alle Segmente auseinandergingen, erfolgte der Tod des Insektes und es fiel langsam auf den Rücken.

Nach der Aehnlichkeit der Symptome, welche zwischen den kran-

---

[1]) Just, Jahresbericht. 1873. S. 51; Cohn, Biologie der Pflanzen. I. Erstes Heft. S. 77.

[2]) Just, l. c. S. 82, 83.

ken Mücken und kranken Fliegen statt fand, musste man gleich auf den Gedanken kommen, dass auch in diesem Falle die Krankheit durch die Entwicklung einer Entomophthora entstanden sei. Dies bestätigte sich auch wirklich bei mikroskopischer Untersuchung, obgleich der Unterschied zwischen *E. muscae* und dem, was ich bei der Mückenkrankheit beobachtete, recht gross war.

Die weisse Masse, die sich auf dem Abdomen oder zwischen den Segmenten befand, stellte sich als Sporen des Parasiten heraus. Sie hatten eine kugelförmige Gestalt, waren an einem Ende zugespitzt und in der Mitte befand sich ein grosser glänzender Oeltropfen. (Fig. 2.) Solche Sporen kamen aber ziemlich selten vor, meistentheils hatten sie schon eine veränderte Form: einige streckten das zugespitzte Ende aus (Fig. 3), bei anderen verbreitete sich dies Ende, nachdem es eine geringe Länge erreicht hatte; bei den dritten endlich bestand die Veränderung der Form darin, dass aus der Spore zwei grosse und breite Sprossen hervorkamen (Fig. 4); zuweilen glich die keimende Spore einer kleinen Schaufel (Fig. 5). In allen diesen Fällen konnte man den ölartigen Kern ganz deutlich sehen. Man konnte ebenfalls ziemlich lange, durch Scheidewände getheilte Keimschläuche antreffen, — das eine Ende des Schlauches kam aus der Spore hervor; das körnchenreiche Protoplasma füllte nur den am Gipfel stehenden Theil des Schlauches an, während der übrige Theil und die Sporenhaut selbst leer blieben (Fig. 6).

Bei der Section der Mücke stellte es sich heraus, dass der ganze Körperraum mit Zellen von verschiedener Form und Grösse angefüllt war; die Zellen waren so fest untereinander verbunden, dass man mit leichter Mühe mit Hilfe von Nadeln die ganze Masse der Parasiten in Form eines kleinen ziemlich harten Knäuels hervorholen konnte.

Die Zellen, welche sich im Abdomen des Insekts befanden, waren zuweilen sehr kurz, ohne Scheidewände, hatten eine unregelmässige Form und enthielten einen körnchenreichen Inhalt mit kleinen Oeltropfen. Das Protoplasma verbreitete sich durch den ganzen Zellraum in der Form von Strömen, die sich in einer hellen durchsichtigen Flüssigkeit durchkreuzten; man konnte in Folge dessen die Körnchenbewegung des Protoplasma recht deutlich beobachten. In einer und derselben Zelle (Fig. 7) wurde es möglich zwei ganz selbstständige von einander unabhängige Strömungen zu unterscheiden; an einem Ende nämlich (bei a) stiegen die Körnchen längs der einen Seite der Zelle empor, erreichten den Scheitel und glitten an der anderen Seite nieder, um dann wieder in früherer

Richtung emporzusteigen, während am anderen Ende (bei b) ein in der Mitte der Längsaxe der Zelle befindlicher Strom sich in zwei Arme zertheilte, von denen jeder auf der inneren Fläche der Membran an den beiden einander entgegengesetzten Seiten der Zelle niederglitt (s. die mit den Pfeilen bezeichnete Richtung der Fig. 7). Die Bewegung wurde bald langsamer, bald schneller; auch änderten die Strömchen ihre Richtung, vereinigten sich zu einem Strome, vertheilten sich in mehrere kleine Arme u. s. w.

Ausser den Zellen, die ohne Scheidewände waren, befanden sich im Abdomen auch ziemlich lange Schläuche, die mit Scheidewänden versehen waren (Fig. 6, 7*). Entweder waren sie nicht verzweigt oder bildeten stumpfe breite Ausstülpungen. In allen diesen Fällen konnte man bemerken, dass das Protoplasma sich immer in der am Scheitel des Schlauches befindlichen Abtheilung befand; die übrigen Abtheilungen blieben leer. Hatte der verzweigte Schlauch nur eine Scheidewand, so war gewöhnlich die eine Seite des Schlauches weit inhaltreicher als die andere (Fig. 7*).

Das Abdomen endlich war mit sehr langen Schläuchen, die hauptsächlich die Masse des Parasiten bildeten, angefüllt; untereinander verflochten gelangten sie bis zur Oberfläche des Insektenkörpers, erreichten die Zwischenräume zwischen den Segmenten des Abdomen, sprengten sie auseinander und streckten ihre Spitzen nach Aussen hinaus. Diese Spitzen hatten eine keulenartige Form (Fig. 8 z.z.), waren mit einem körnigen Inhalt angefüllt und enthielten einen grossen Oeltropfen. Zuweilen konnte man statt eines grossen Tropfens mehrere Oeltropfen, aber von geringerem Umfang antreffen. Verfolgte man die über die Oberfläche des Insektenkörpers hinausgetretenen Spitzen der Schläuche, so erkannte man leicht, dass sie der Länge nach mit Scheidewänden versehen waren, die desto dichter aufeinander folgten, je mehr sie sich dem untern Ende des Schlauches näherten. Zugleich zeigte sich, dass das untere Ende der Schlauche nicht frei war, wie es bei *E. muscae* vorkommt, sondern an den grossen leeren Zellen befestigt war (Fig. 8 a.a.). Das Protoplasma sammelte sich nur am freien Ende des Schlauches, das wir mit dem Namen Scheitel bezeichnen wollen. Die leeren grossen Zellen waren ebenfalls in dem Raume des Körpers nicht frei; sie verbanden sich unter einander ganz unregelmässig und glichen einander weder an Form noch an Grösse.

Demnach besteht der Parasit, welcher die Mücken tödtet, aus zwei Theilen: aus langen mit Protoplasma angefüllten Schläuchen (Fig. 8 z.z.) und aus unregelmässigen Zellen ohne körnigen Inhalt

(Fig. 8 a.a.). Die letzteren, dicht untereinander verflochten, bilden das Stroma. Vom Stroma verzweigen sich nach verschiedenen Richtungen die Schläuche, in welchen man ebenfalls die Bewegung des Protoplasma beobachten kann. Die Zellen des Stroma, besonders in der Mitte des Abdomen des Insekts (die älteren?), haben ein sehr originelles Aussehen (Fig. 9 A.B.C.): ihre Sprosse besitzen eine fast runde Form, als wenn sie eine Art von Brutknospen bildeten; je mehr das Stroma sich der Oberfläche des Insekts nähert, desto mehr gleicht die Form ihrer Zellen einem Viereck, oder richtiger einem Vieleck (Fig. 9*).

Die Scheitel der Schläuche, bis zu den Zwischenräumen der Segmente angelangt, bilden, wie ich schon erwähnte, keulenartige Spitzen (Fig. 8). In der eingeschnürten Stelle erscheint eine Scheidewand (8, 9 sp.) und auf diese Weise bildet sich eine Spore, die mit den analogen Fortpflanzungszellen von *E. muscae* viel Aehnlichkeit hat.

Die sporentragenden Schläuche befinden sich in einem gespannten Zustande und bei der Reife der Sporen erreicht diese Spannung den höchsten Grad; der Inhalt drückt auf die Anheftungsstelle der Spore, letztere reisst ab und wird weit fortgeschleudert. Ein Theil des Protoplasma vom Gipfel des Schlauches spritzt mit der Spore, wie es schon bei *E. muscae* und *Ent. radicans* beobachtet worden war, hervor, und die Spore klebt sich an die Oberfläche des Gegenstandes, auf welchen sie gerathen ist, an (Fig. 11). Der auf solche Weise entleerte Schlauch schrumpft zusammen (Fig. 10). Die bei der Reife fortgeschleuderte Spore bleibt einige Zeit von einem Tropfen Protoplasma umgeben (Fig. 11); nachher wird die Hautschicht dieses Protoplasma immer härter, erhält sogar einen zweiten Contour und hat endlich alle Eigenschaften einer Membran, worauf schon Brefeld bei *Ent. muscae* hinwies. Lässt man auf solch eine Membran einen Tropfen Wasser fallen, so löst sie sich langsam in demselben auf. Auf der Oberfläche des Abdomen oder zwischen den Segmenten des Hinterleibes kann man immer solche Sporen antreffen, die, obgleich vom sporentragenden Schlauche abgelöst, dennoch zurückblieben, als hätten sie sich zwischen den Schläuchen des Parasiten eingeklemmt. Natürlich bemerkt man dann den die Spore umringenden Tropfen des Protoplasma nicht (Fig. 2—5).

Auf trocknen Stellen, z. B. auf den Flügeln des Insekts, auf dessen Füssen, auf den Wänden des Gefässes u. a. beginnen die fortgeschleuderten Sporen sogleich auszuwachsen, wobei die verlängerte Sporenspitze die sie umgebende Plasmahaut durchreisst. In einen Tropfen Wasser hineingelegte Sporen erzeugten ein oder mehrere

Keimschläuche; in einen derselben glitt das Protoplasma hinüber, es erschienen Scheidewände und das Ganze ähnelte einer Zelle des Stroma mit jungen sporentragenden Sprossen. Obgleich ich die Sporen in Tropfen von Wasser cultivirte, bemerkte ich doch nie das Entstehen von secundären Sporen; die Entwicklung hörte bald auf.

Die Experimente, die ich anstellte, um zu erfahren ob die Krankheit ansteckend sei, gelangen mir völlig nur in folgenden Fällen: wenn man die Sporenmasse auf der Oberfläche des Abdomen oder zwischen den Segmenten einer gesunden Mücke anbringt (was sehr leicht geschehen kann, wenn man der Mücke eine kleine Wunde mit einer spitzen Nadel beibringt), so verlängern sich die Sporen; die Schläuche werden durch Scheidewände getheilt, kurz, sie erscheinen in der Gestalt der Figuren 4, 5, 6, 7, 7*.

Es gelang mir immer die Ansteckung bis zum Ende, d. h. bis zur Entwicklung der Sporen, zu führen. Ich muss aber bekennen, dass es mir nicht gelungen ist, den Moment des Eintretens des Parasiten in den Körperraum des Insekts mit solcher Genauigkeit zu verfolgen, wie es Brefeld beschreibt. Deshalb kann ich auch nicht mit Bestimmtheit sagen, ob hier ebenfalls solche Bildungsstufen vorkommen wie sie Brefeld auf Tafel III, Fig. 18 seiner Arbeit darstellt, oder ob die Sporen unserer *Entomophthora* unmittelbar sich in die Schläuche des Parasiten verlängern. Diese Lücke in meinen Forschungen wird vielleicht verzeihlich sein, wenn man erwägt, wie schwer an einem so kleinen Geschöpfe wie eine Mücke Beobachtungen angestellt werden können. Weit besser ist es, bei den Experimenten mit der Ansteckung so zu verfahren, wie es auch Brefeld vorschlägt[1]. Die nicht auf das Abdomen, sondern auf den Thorax gebrachten Sporen drangen nie in den Körper des Insekts ein. Zur Vergleichung sonderte ich ein Paar Dutzend Mücken, mit welchen ich dieselbe Operation nicht vorgenommen hatte, ab. Nach drei Tagen, während die angesteckten Mücken schon todt lagen, waren die zur Prüfung abgesonderten Insekten ganz gesund geblieben. Man kann also ganz bestimmt annehmen, dass der Parasit Insekten ansteckt, indem er zwischen den Segmenten oder durch die Haut des Abdomens eindringt.

Das Vorhandensein des Stroma bei der erörterten Art ist in so hohem Grade bezeichnend, dass man schon aus diesem Grunde den Pilz der Mückenkrankheit als eine besondere Art, die ich *Entomophthora*

---

[1]) l. c. S. 28.

conglomerata (zusammengeknäulte *Entomophthora*) zu benennen vorschlage, aufstellen kann.

---

2) Ausser den oben erwähnten todten Mücken waren die Wände der Kufen, ein wenig von der Oberfläche des Wassers entfernt, mit unbeweglichen *Chironomus*-Exemplaren bedeckt. Bei einigen konnte man noch einige Lebenszeichen beobachten, die meisten waren schon todt. Es stellte sich bei aufmerksamer Beobachtung heraus, dass der Thorax der Insekten stark angeschwollen, mit weissem Pulver bedeckt war und nur in der Mitte selbst einen Rest der Chitinhaut hatte (Fig. 12). An den Seiten des Thorax waren Risse entstanden, und aus diesen kam das weisse Sporenpulver zum Vorschein. Das Abdomen des *Chironomus* hatte die gewöhnliche normale Grösse und Breite. Aus dem Thorax endlich traten feine zarte weisse Fäden hervor, mit denen das Insekt an die feuchten Wände der Kufen angeheftet zu sein schien (Fig. 12)[1]. Unter einigen Hunderten Exemplaren, welche ich untersuchte, traf ich drei oder vier Male auf *Chironomus*, deren Abdomen ganz so wie bei *Culex* aufgeblasen, und die dennoch mit den Fäden an die Unterlage angeheftet waren (Fig. 13). Wenn man das todte Insekt in die Höhe hob und es von der Seite betrachtete, so konnte man deutlich bemerken, dass der Thorax fast gleichmässig nach allen Seiten aufgeblasen ist (Fig. 12*).

Die Larven des *Chironomus*, welche zu tausenden im Wasser in den Kufen umherwimmelten, blieben gesund und ich traf nur auf ein Exemplar (welches hoch über der Oberfläche des Wassers sich befand), dessen Thorax an den Seiten aufgeplatzt war; durch die Spalten konnte man die weisse puderartige Sporenmasse sehen.

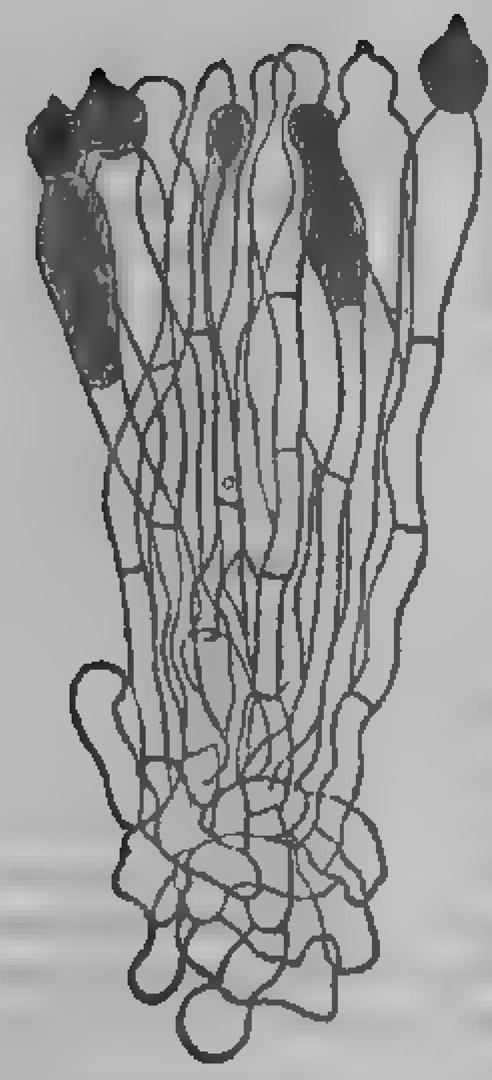
Die mikroskopische Untersuchung bestätigte, dass wir es wieder mit einer *Entomophthora*, die sehr der *Ent. conglomerata* ähnelt, zu thun haben.

Wirklich war der Innenraum des Thorax mit Stroma angefüllt (Fig. 16), dessen Zellen verhältnissmässig kleiner als bei der *Ent. conglomerata* waren. Dessen ungeachtet erzeugten sie Seitensprosse, die sich als sporentragende Schläuche erwiesen.

Die Sporen waren am Scheitel zugespitzt (Fig. 17 a, 18 a. b.). Das Fortschleudern der Sporen bei der Reife geschah auch ganz so wie bei *Ent. conglomerata* (Fig. 17* a. b).

---

[1]) Gegen Ende des Sommers (im Juli und August) bedeckten die todten *Chironomus*-Exemplare massenweise die Balken und Bretter der Badehäuser, der Brunnen u. s. w.



Entomophthora rimosa.
Sporentragende Schläuche.

Bei der Keimung im Wassertropfen erzeugte die Spore entweder einen seitlichen Keimschlauch, bei dessen Verlängerung veränderte sich auch die Form der Spore, sie wurde rund (Fig. 17 a. b.); oder umgekehrt, die Spore schwoll anfangs auf, erhielt eine runde Form und verlängerte sich erst später.

Hält man die Spore nicht im Wasser, sondern in feuchter Luft, so erzeugt sie runde secundäre Sporen (Sporidien) (Fig. 18 a—d.), die sehr leicht keimen. Die Beobachtungen hinsichtlich der Entstehung der secundären Sporen kann man leicht anstellen, wenn man die fortgeschleuderten Sporen in der Nähe des todten Körper sammelt.

Bei der Ansteckung des *Chironomus* mit der erwähnten *Entomophthora*-Art verwandeln sich die Sporen nicht unmittelbar in die parasitischen Schläuche, sondern bilden immer zuerst secundäre Sporen, welche sehr bald keimen und immer tiefer in den Thorax eindringen. Dabei muss ich bemerken, dass dies auch in dem Falle geschieht, wenn man durch einen Stich die Spore unter die Chitinhülle des Thorax hineinbringt. Die Spore erzeugt dann gleich secundäre Sporen.

Es ist mir nicht gelungen die Ansteckung durch die Segmente hervorzurufen, ebensowenig durch das Uebertragen der *Entomophthora conglomerata* von *Culex*; in beiden Fällen blieben die operirten und die zur Vergleichung abgesonderten Insekten ganz gesund.

Auch hier entsteht die Schwierigkeit der unmittelbaren Beobachtung der ersten Momente der Ansteckung, theils durch den zarten Bau der Insekten, theils dadurch, dass die Exemplare des *Chironomus* verhältnissmässig seltner als *Culex* vorkommen, und ich also weit weniger von gesundem Material zur Beobachtung hatte, als im ersten Falle.

Was die Fäden betrifft, mit denen sich die Insekten an die Unterlage befestigen, so bestehen sie aus unverzweigten Bündeln durchsichtiger mit Scheidewänden versehener Faserschläuche (Fig. 15).

Bemerkenswerth ist noch folgende Thatsache. Versetzt man ein eben gestorbenes Insekt mit demselben Stückchen Holz, an welches

es befestigt ist, in feuchte Luft, so verlängern sich die sporenbildenden Schläuche, die aus den Spalten des Thorax hervorkommen, sehr, ohne Fortpflanzungsorgane zu erzeugen und verwandeln sich in lange silberweisse Fasern, denen ganz ähnlich, mittelst welchen das Insekt angeheftet ist und die man Haftfasern oder Haustorien benennen kann[1]).

Die Krankheit des *Chironomus* gehört also ebenfalls zu einer *Entomophthora*-Art; und obgleich diese sehr der *Ent. conglomerata* ähnelt, so muss sie dessen ungeachtet, — der Form der Sporen, der bezüglichen Grösse und hauptsächlich des Vorhandenseins der Haustorien wegen, — zu einer besonderen Art, die ich *Entomophthora rimosa* (rissige *Entomophthora*) benennen will, gezählt werden.

Bei einem Exemplare einer kleinen grünen Fliege, die ich leider nicht näher bestimmen konnte und die sich unter den todten *Chironomus* befand, bemerkte ich dasselbe Aufblasen des Thorax (Fig. 19).

Die mikroskopische Untersuchung bezeugte, dass auch hier *Entomophthora rimosa* sich entwickelt hatte. Sowohl die Grösse der Sporen, als ihre Form und auch die Stromazellen mit Haustorien — waren die nämlichen. Ob die Fliege durch kranke *Chironomus* angesteckt war, konnte ich nicht ermitteln.

---

3) Ein *Entomophthora* in Mücken hat schon A. Braun gefunden, von ihm *Empusa Culicis* genannt, „die sich von *E. Muscae* durch um die Hälfte kleinere Verhältnisse aller Dimensionen (Durchmesser der Wurzelschläuche $\frac{1}{600}$—$\frac{1}{500}$''' (3,75—4,5 Mik.), der Fruchtschläuche $\frac{1}{200}$—$\frac{1}{180}$''' (11,25—12,5 Mik.), der Sporen $\frac{1}{250}$''' (9 Mik.) und durch blau-grünliche Farbe unterscheidet"; er fand sie während des ganzen Sommers am Rande von Wasserfässern des Berliner botanischen Gartens an absterbenden Mücken (*Culex pipiens*), an deren Thorax sie mit horizontalem geschlossenem Gürtel, zwischen den Segmenten des Abdomen dagegen mit engeren vertikalen, auf der Unterseite unvollständigen Gürteln hervorbricht[2]). Eidam macht hierzu nach mündlichen Mittheilungen von A. Braun die Bemerkung, dass die Mücken schon bei ihrem ersten Ausschlüpfen

---

1) Die Fasern, welche Haustorien bilden, sind im Thorax an die Stromazellen angeheftet.

2) A. Braun, Algarum unicellularium genera. Lips. 1845 p. 105.

aus der Puppe mit dem Pilz behaftet seien; da nun die *Culexarten* ihren ganzen Larvenzustand im Wasser zubringen, so müssen die Larven von den Sporen gerade in dem Augenblick getroffen werden, wo sie um Athem zu schöpfen, an die Oberfläche des Wassers kommen[1]). Fresenius führt den Pilz der Mücken als *Entomophthora Culicis* auf, und giebt an, dass er gewissermassen ein Diminutivum des Fliegenpilzes darstelle, die kleinsten Sporen von allen Arten besitze; diese haben am obern Ende bald ein Spitzchen, bald fehlt es ihnen, auch fand er noch nicht bis zur Sporenentwickelung vorgeschrittene Fäden bereits dreizellig[2]); die Dicke der Fäden am nicht angeschwollenen Theil giebt er auf $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{150}$ mm. = 5—6,6 Mik., die der Sporen auf $\frac{1}{86}$ mm. = 11,5 Mik. an.

Ausserdem beschreibt Fresenius eine *E. Tipulae*, welche v. Heyden an einer grösseren *Tipula* gefunden, die todt und ohne Flügel am Schilf sass; ihre ovalen Sporen, mit kurzem breitem abgerundetem Vorsprung, an der Basis ohne Oelkern, sind $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{25}$ mm = 33,3—40 Mik. lang. Die Fäden lang, schlank, leicht trennbar, einzelne vierzellig, $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{85}$ mm. (10 11,7 Mik.), Farbe des Inhalts der Fäden und Sporen grünlich-bräunlich; im ersteren zahlreiche Vacuolen[3]).

Aus obigen unvollkommenen Beschreibungen lässt sich nicht erkennen, in wie weit die von uns beschriebenen *Entomophthoren* mit schon früher beobachteten Arten übereinstimmen. Die Grössenverhältnisse unserer auf *Culex* gefundenen *Ent. conglomerata* erinnern an *E. Tipulae* Fresen., doch stimmt weder die Sporenform, noch das Vorkommen an verschiedenen Thiergattungen. Auf der andern Seite erinnert das Aussehen der Thoraxringe, wie die winzigen Dimensionen und die glockigen Sporen unserer auf *Chironomus* wachsenden *E. rimosa* an *E. Culicis* A. Br. (Fresen.) doch sind bei letzterer die so charakteristischen Haftfasern nicht beobachtet worden. Ich glaube hiernach mich berechtigt, die von mir beobachteten *Entomophthora*arten als noch nicht beschrieben anzunehmen, und mit neuen Namen zu bezeichnen[4]).

Kasan, den 26. December 1876.

---

[1]) Eidam, Gegenwärtiger Standpunkt der Mycologie 1872. p. 155.

[2]) Fresenius, über die Pilzgattung *Entomophthora*. Abhandl. der Senkenbergschen Gesellschaft II. p. 206. Tab. IX. Fig. 44—45.

[3]) Ebendaselbst p 206. Fig. 46—50.

[4]) In meiner „Vorläufigen Mittheilung über einige *Entomophthora*-Arten" Hedwigia 1876 No. 10, hat sich ein Fehler eingeschlichen: *Entomophthora Aphidis* Fresen. ist nicht eins und dasselbe was *Ent. Planchoniana* Cornu.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren, ausser der 1, 12, 12*, 13, 14, und 19, sind bei 500facher Vergrösserung gezeichnet.)

Tafel XIII.

Entomophthora conglomerata Fig. 1—11.

Fig. 1. Eine von *Entomophthora conglomerata* m. getödtete Mücke. (Vergröss. durch die Lupe.)

Fig. 2. Spore der *Entomophthora conglomerata.*

Fig. 3—5. Die auf der Oberfläche des Insektes keimenden Sporen.

Fig. 6. Keimende Spore: der Keimschlauch theilt sich durch Scheidewände; das Protoplasma befindet sich nur in der letzten Abtheilung des Schlauches.

Fig. 7. Eine Zelle aus dem Abdomen der Mücke, mit dem strömenden Protoplasma. Die Richtung der Bewegung ist mit Pfeilen bezeichnet.

Fig. 7*. Aehnliche verzweigte Zelle durch nur eine Scheidewand getheilt. In der einen Hälfte befindet sich das Protoplasma, die andere ist nahezu inhaltsleer.

Fig. 8. Zellen der Stroma (a. a.) und die auf verschiedenen Entwicklungsstufen befindlichen Sporentragenden Schläuche. Sp. junge Spore.

Fig. 9. A. B. C. Stroma aus der Mitte des Abdomen der Mücke. zz sporentragende Schläuche.

Fig. 10. Ein sporentragender Schlauch nach dem Fortschleudern der Spore.

Fig. 11. Eine eben fortgeschleuderte und in einem Tropfen Protoplasma liegende Spore.

Entomophthora rimosa. Fig. 12—19.

Fig. 12. Zwei Exemplare *Chironomus* sp. von *Entomophthora rimosam* getödtet (durch die Lupe vergrössert).

Fig. 12*. Ein von der *Entomophthora rimosa* getödtetes Exemplar von *Chironomus*, welches von dem Substrat herabgenommen und von der Seite gezeichnet ist. (Vergröss. durch die Lupe.)

Fig. 13. Ausnahmsweiser Fall der Entwicklung der *Entomophthora rimosa*, welche sowohl den Thorax als auch das Abdomen beschädigt hat.

Fig. 14. Ausnahmsweiser Fall der Entwicklung des *Entomophthora rimosa* im Thorax der *Chironomus*larve.

Fig. 15. Ein Bündel der Fasern, welche eine Haftfaser oder Haustorium bilden.

Fig. 16. Sporentragende Schläuche von verschiedenem Alter mit Stroma aa.

Fig. 17 a—b. In einem Wassertropfen keimende Sporen.

Fig. 17* a. b. In feuchter Luft keimende Sporen der *Entomophthora rimosa*, welche secundäre Sporen bilden (b).

Fig. 18. a) Spore, die eine secundäre Spore (Sporidie) bildet, b) secundäre Spore, c) d) keimende secundäre Sporen.

Fig. 19. Eine kleine grüne Fliege durch *Entomophthora rimosa* getödtet. (Durch die Lupe vergrössert.)

Untersuchungen über Bacterien.

VI.

Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien.

Von

Dr. Koch,

Kreisphysikus in Wollstein.

Hierzu drei Tafeln Photogramme in Lichtdruck XIV. XV. XVI.

---

1. Die letzten Jahre haben erhebliche Verbesserungen in den Methoden zur Untersuchung der Bacterien gebracht. So hat namentlich die durch Dr. Weigert[1]) vervollkommnete Haematoxylinfärbung wesentlich zur Kenntniss der Bacterienverbreitung in thierischen Geweben beigetragen. Von Dr. Salomonsen[2]) ist eine eigenthümliche Art von Cultur der Bacterien in langen Glascapillaren angegeben, vermittelst deren es gelingt, die verschiedenen Formen der Bacterien im faulenden Blute mehr oder weniger zu isoliren. Durch verbesserte und vielfach modificirte Impfmethoden, besonders durch die Benutzung der Cornea als Impfstelle[3]) ist unsere Kenntniss über das Wachsthum der Bacterien im thierischen Körper und die vorzugsweise bei septischen Processen auftretenden Bacterien gefördert. Indessen bleiben noch manche Hindernisse,

---

[1]) Beschrieben in Billroth und Ehrlich, Untersuchungen über *Coccobacteria septica*. Langenbeck's Archiv für Chirurgie Bd. XX. p. 403. In neuester Zeit hat Dr. Weigert die Anilinfärbung zum Nachweis von Bacterien in thierischen Geweben angewandt und ausgezeichnete Erfolge damit erzielt.

[2]) C. J. Salomonsen: *Studier over blodets forraadnelse*. Kopenhagen 1877.

[3]) Frisch: Experimentelle Studien über die Verbreitung der Fäulnissorganismen in den Geweben und die durch Impfung der Cornea mit pilzhaltigen Flüssigkeiten hervorgerufenen Entzündungserscheinungen. Erlangen 1874.

welche sich der genauen Erforschung der Bacterien entgegenstellen, zu überwinden.

Die erheblichsten Schwierigkeiten verursachen die geringe Grösse, die Beweglichkeit, die einfache Form der Bacterien und ihr Mangel an Färbung oder stärkerem Lichtbrechungsvermögen.

Wenn die Bacterien auch noch kleiner wären, als man sie bis jetzt gefunden hat, so würde zwar dieser Umstand allein noch nicht das Erkennen derselben vermittelst der stärksten Immersionssysteme verhindern; denn manche noch recht scharf zu unterscheidende Liniensysteme auf Diatomaceenschalen sind bei Weitem feiner als die durch eine Gruppe der kleinsten Bacterien bedingte Zeichnung. Erst dadurch, dass diese kleinen, nicht mit scharfen Umrissen versehenen Körper sich in der lebhaftesten, selbständigen Bewegung oder in unaufhörlicher zitternder Molekularbewegung befinden, werden sie ein so schwieriges Untersuchungsobjekt.

Es ist gradezu ein Ding der Unmöglichkeit, in einem Schwarm von Bacterien ein Exemplar so zu fixiren, dass man eine genaue Messung desselben vornehmen, oder eine genügende Zeichnung davon entwerfen könnte. Bald tanzt das winzige Stäbchen oder Kügelchen zur Seite und verschwindet in dem dichten Haufen der übrigen Bacterien; bald erhebt es sich über die Einstellungsebene oder taucht unter dieselbe hinab. Aber auch wenn sich die Bacterien zu ruhenden Zoogloeamassen vereinigt finden, erscheinen sie nicht wie ein Haufen von deutlich abgegrenzten Körpern, sondern vermöge ihres geringen Lichtbrechungsvermögens machen sie vielmehr den Eindruck eines wolkenähnlichen Gebildes, dessen Zusammensetzung aus einzelnen Kügelchen oder Stäbchen fast nicht mehr zu erkennen ist.

Fast eben so hemmend, wie diese in den Bacterien selbst liegenden Hindernisse, scheint mir auf die Bacterienforschung der Umstand gewirkt zu haben, dass es bis jetzt an einem Verfahren gefehlt hat, die Bacterien in ihrer natürlichen Gestalt und Lagerung, ausser wenn sie thierischen Geweben eingebettet sind, zu conserviren und Abbildungen derselben herzustellen, welche von jeder willkürlichen oder unwillkürlichen Entstellung frei sind.

Ich brauche wohl nicht den Nutzen auseinander zu setzen, welchen Sammlungen mikroskopischer Präparate für das Studium haben, und wie die Mittheilung wichtiger Befunde, durch Einsendung conservirter Präparate an andere Mikroskopiker zur Berichtigung eines falschen Urtheils, zum schnelleren Bekanntwerden einer Entdeckung dienen.

Wie manche unvollkommene Beobachtung und wie manche falsche Behauptung über das, was die Bacterien gethan oder nicht gethan

haben sollen, wäre nicht in die Oeffentlichkeit gelangt und hätte die Bacterienliteratur zu einem trüben Strom anschwellen lassen, wenn ein Jeder das, was er gesehen hat, in beweisenden Präparaten andern Forschern vorgelegt hätte.

Wenn man die *Spirochaete plicatilis* und die *Spirochaete* des Zahnschleims in Sammlungen mikroskopischer Präparate finden und sich leicht von ihrer eigenthümlichen Form überzeugen könnte, wie wäre es dann wohl möglich, dass selbst in neuester Zeit noch die Existenz der ersteren bezweifelt und die letztere mit der *Spirochaete* des Rückfalltyphus verwechselt wurde [1]).

Bei andern Naturgegenständen, welche sich nicht conserviren lassen, vermag man sich wenigstens durch bildliche Darstellung zu helfen, aber auf die Bacterien lässt sich dieser Ausweg leider nur sehr unvollkommen anwenden. Es scheint zwar von vornherein unglaublich, dass so einfach gestaltete Körper nicht leicht zu zeichnen seien, und doch ist es so. Es kommt hier oft selbst bei den grössten Bacterien auf äusserst geringe Grössenunterschiede an und die Zeichnung erfordert so zarte und weiche Linien, dass die naturgetreue Wiedergabe der Bacterien schon eine aussergewöhnliche Sorgfalt beansprucht. Und dennoch bleibt es fraglich, ob auch die kleinsten Formen so gezeichnet werden können, dass die Abbildung genau dem Original entspricht und nicht zu Verwechslungen mit ähnlichen Formen führt. Die meisten Abbildungen sind rein schematisch gehalten und vernachlässigen die Grössenverhältnisse so sehr, dass es unmöglich ist, dieselben zum Vergleich mit der Wirklichkeit zu benutzen. Manche sind so nachlässig angefertigt, dass überhaupt nicht mehr zu erkennen ist, ob der Autor auch wirkliche Bacterien gesehen hat. Wie wenig derartige Abbildungen zum Beweis einer möglicherweise ganz richtigen Beobachtung dienen können und dass sie niemals zur Verständigung über Streitpunkte führen werden, muss einleuchten.

Um die hier angedeuteten Hindernisse zu überwinden, habe ich ein Verfahren angewandt, welches kurz zusammen gefasst darin besteht, dass die bacterienhaltige Flüssigkeit in sehr dünner Schicht auf dem Deckglas eingetrocknet wird, um die Bacterien in einer Ebene zu fixiren, dass diese Schicht mit Farbstoffen behandelt und wieder aufgeweicht wird, um die Bacterien in ihre natürliche Form zurückzuführen und deutlicher sichtbar zu machen, dass

---

[1]) Heydenreich: Ueber den Parasiten des Rückfalltyphus p. 40 u. 44.

das so gewonnene Präparat in conservirende Flüssigkeiten eingeschlossen und schliesslich zur Herstellung von naturgetreuen Abbildungen photographirt wird.

Die einzelnen Theile dieses Verfahrens werde ich nun eingehender beschreiben:

2. *Eintrocknen.* Die Herstellung einer dünnen Trockenschicht ist sehr einfach. Nachdem man sich vorher durch Untersuchung einer Flüssigkeit über ihren Gehalt an Bacterien, über die Form der letztern und ihre Bewegungen in gewöhnlicher Weise orientirt hat, nimmt man mit der Spitze eines Skalpells ein Tröpfchen der Flüssigkeit, z. B. faulendes Blut, Zahnschleim, die oberste Schicht von faulenden Infusionen und dergl. und breitet dasselbe durch einige kreisförmige Bewegungen zu einer runden etwa einen halben Centimeter breiten möglichst dünnen Schicht aus. Man legt das Deckgläschen hierauf zweckmässiger Weise auf einen hohlen Objektträger und untersucht das Tröpfchen nochmals, ob es auch die früher beobachteten Formen in grösserer Zahl enthält. Je consistenter die Flüssigkeit ist, um so kleiner muss das Tröpfchen genommen werden und es ist dann vortheilhaft, die Masse strichförmig auf das Deckglas zu bringen.

Die Substanz ist stets in einer so dünnen Schicht auszubreiten, dass die Bacterien, Blutkörperchen u. s. w. sich nicht decken, sondern von einander durch kleinere oder grössere Zwischenräume getrennt liegen. Je dünner die Schicht geworden ist, um so schneller trocknet sie natürlich ein. Gewöhnlich ist das Präparat schon nach wenigen Minuten zur weiteren Bearbeitung fertig. Eiweisshaltige Flüssigkeiten, namentlich Blut, lässt man etwas länger, womöglich einige Stunden trocknen. So zubereitete Deckgläschen kann man indessen auch Wochen und selbst Monate lang, nur vor Staub geschützt, aufbewahren, ohne dass sich die angetrockneten Bacterien verändern. Es ist dies in sofern sehr vortheilhaft, als sobald die Umstände die sofortige weitere Untersuchung nicht zulassen, man die Präparate nur so weit herstellt und später weiter bearbeitet. Ich habe mir ein Kästchen für zwanzig Deckgläschen machen lassen, welches ebenso eingerichtet ist, wie die zur Aufbewahrung der mikroskopischen Präparate gebrauchten Kasten; dasselbe führe ich stets bei mir und bin dadurch leicht in den Stand gesetzt, bei Sectionen, am Krankenbette oder bei andern Gelegenheiten Proben von Flüssigkeiten, welche ich auf Bacterien untersuchen will, jederzeit zu sammeln. Deckgläschen mit angetrockneten Bacterien lassen sich auch gut versenden. So habe ich beispielsweise durch Vermittlung von Prof. F. Cohn Deckgläschen mit angetrocknetem Rückfalltyphus-Blut von Dr.

Albrecht in Petersburg erhalten, welches sich ganz ebenso wie andere Blutproben präpariren und zum Photographiren der darin enthaltenen Spirochaeten benutzen liess (cf. Taf. XVI. Fig. 7 u. 8)[1]).

Einen weiteren Vortheil gewährt das schnelle Eintrocknen dadurch, dass in der Zeit von der Entnahme der Flüssigkeit bis zu der Untersuchung derselben ein Entwickeln oder Eindringen fremder Bacterienarten, wie es bei anderen Untersuchungsverfahren gewiss schon vorgekommen ist, hier unmöglich ist.

Gegen dieses Trocknen der Bacterien muss natürlich der Einwand erhoben werden, dass, wie die Erfahrung an andern mikroskopischen Gegenständen lehrt, dadurch die Gestalt der Bacterien in erheblichster Weise verändert werden muss. Auch ich war anfangs davon überzeugt und hoffte erst durch das Aufweichen die ursprüng liche Form wiederzuerhalten. Aber schon bei den ersten in dieser Richtung angestellten Versuchen sah ich zu meinem Erstaunen, dass die Bacterien nicht, wie die meisten Infusorien, Monaden, mikroskopischen Pflanzen, zerfliessen oder zu unförmlichen Massen zusammenschrumpfen, sondern wie ganz starre, von einer Schleimhülle umgebene Körper vermittelst dieser Schleimhülle am Glase ankleben und, ohne ihre Gestalt namentlich in Länge und Breite merklich zu ändern, eintrocknen. Dass es sich in der That so verhält und dass jede Bacterie eine schleimige, für gewöhnlich unsichtbare Hülle besitzt, lässt sich aus andern Verhältnissen (Zoogloeabildung) schliessen[2]), ist aber auch nach dem Eintrocknen sofort daran zu erkennen, dass der Bacterienkörper von einem, je nach der Beschaffenheit der zugleich mit eintrocknenden Flüssigkeit mehr oder weniger deutlich zu erkennenden scharf begrenzten glashellen Saum umgeben ist. Meistens werden zwar beim Eintrocknen der Flüssigkeit, in welcher Bacterien sich befinden, letztere von einer Decke colloider oder krystallinischer Masse so überzogen, dass sie nur undeutlich zu erkennen sind. Aber am Rande des eingetrockneten Tropfens findet man sehr oft einzelne isolirte Exemplare, welche sich vortrefflich dazu eignen, um sich von der Beständigkeit der Gestalt beim Eintrocknen des Bacterienkörpers zu überzeugen. Die einzigen auffallenden Veränderungen, welche vorkommen, bestehen in der Abplattung der kugligen, gelappten oder verzweigten Zoogloeamassen und in der Verwandlung schraubenförmiger Körper in eine Wellen-

---

[1]) Schon Ehrenberg empfiehlt rasches Eintrocknen als Aufbewahrungsmittel mikroskopischer Organismen in Sammlungen: Infusionsthierchen 1838 p. XVII. [2]) Vergl. F. Cohn, Beiträge zur Biologie I. 2. p. 138.

linie. Dieser Uebelstand lässt sich indessen dadurch leicht vermeiden, dass man sofort, nachdem die letzte Spur von sichtbarer Feuchtigkeit vom Deckglas verschwunden ist, das Präparat in der später anzugebenden Weise wieder aufweicht. Die Schleimhülle der Bacterien quillt dann vollständig wieder auf und gestattet dem Zoogloeahaufen oder der Spirale ihre natürliche Gestalt wieder einzunehmen. Zum Beweise des Gesagten verweise ich auf die Photogramme der *Zoogloea ramigera*, Taf. XIV. Fig. 1 u. 2 und des *Spirillum undula*, Taf. XIV. Fig. 3, deren zugehörige Präparate in dieser Weise behandelt wurden. Feine Spiralen mit schmalen Windungen verlieren so wenig durch das Eintrocknen an ihrem natürlichen Aussehen, dass man sie in getrocknetem Zustande conserviren und photographiren kann. Beispiele hierfür sind die Photogramme der Spirochaete des Zahnschleims Taf. XIV. Fig. 8, und der Geiselfäden der Bacillen, (Taf. XIV. Fig. 5 u. 6), welche nach trocknen Präparaten angefertigt sind. Sie mögen zugleich als Beweis dafür dienen, dass das Eintrocknen allein eine wesentliche Hülfe beim Untersuchen der Bacterien leisten kann, indem es die Zahnspirochaeten, welche im Speichel wegen des geringen Brechungsunterschiedes sehr blass erscheinen, nach dem Verdunsten der Flüssigkeit ausserordentlich deutlich werden, und die in Flüssigkeiten ohne Färbung ungemein schwer sichtbaren Geiselfäden sofort zum Vorschein kommen lässt.

Auf eine eigenthümliche Veränderung, welche die Milzbrandbacillen beim Eintrocknen erleiden, komme ich später bei der Beschreibung der Photogramme zurück.

3. *Aufweichen und Färben.* Der zweite Abschnitt des Verfahrens besteht in dem Aufweichen und Färben der getrockneten Bacterienschicht.

Bringt man ein mit getrockneter Bacterienschicht versehenes Deckglas in destillirtes Wasser oder Glycerin, dann löst sich die Schicht schnell auf und wird vom Glase fortgeschwemmt. Für sich allein genommen sind daher diese Flüssigkeiten zur weiteren Präparation der Bacterienschicht nicht zu gebrauchen.

Durch Einlegen des Gläschens in absoluten Alkohol, noch besser in eine Lösung von Chromsäure (0,5 %), lässt sich die Schicht unlöslich in Wasser und Glycerin machen, aber eine unerwünschte Nebenwirkung dieser erhärtenden Flüssigkeiten besteht darin, dass die Schleimhülle der Bacterien nicht mehr aufquillt und deswegen die Bacterien fest am Glase angepresst, oder in die coagulirte Grundsubstanz eingebettet, ihre natürliche Gestalt nicht wieder annehmen können. Als ein Mittel, um die Schicht wieder aufzuquellen, ohne dass sie sich vom Glase ablöst, hat sich mir eine Lösung von essigsaurem Kali (1 Theil auf 2 Theile dest. Wassers) erwiesen. Die

Bacterien nehmen in derselben vollkommen ihre ursprüngliche Form wieder an, werden aber blasser und durchsichtiger als sie waren. Für grössere Formen ist dies kein Nachtheil, ebenso auch nicht für sporenhaltige Bacterien, da bei diesen die Sporen stark glänzend bleiben, also auch deutlich zu sehen sind. Eine weitere vortreffliche Eigenschaft der Lösung von essigsaurem Kali ist die, dass, nachdem die Bacterien aufgequollen sind, sie sich in derselben nicht weiter verändern. Man kann daher diese Flüssigkeit zum Conserviren des Präparates verwenden und letzteres sofort verkitten. Präparate, welche ich vor sechszehn Monaten in dieser Weise angefertigt habe, sind bis jetzt noch ganz unverändert und werden sich vermuthlich auch noch lange Zeit halten. In den meisten Fällen, namentlich wenn es sich um die kleinsten Formen handelt, werden indessen die Bacterien zur genaueren Untersuchung und zum Photographiren zu blass und es ist dann nothwendig, sie durch Farbstoffe deutlicher zu machen.

Die verschiedensten Farbstoffe, welche in der Mikroskopie und in der Färberei benutzt werden, habe ich versucht, aber von allen eignen sich die Anilinfarbstoffe am meisten zur Färbung der Bacterien. Letztere nehmen die Anilinfarben mit einer solchen Sicherheit, so schnell und so reichlich auf, dass man diese Farben als Reagens zur Unterscheidung der Bacterien von krystallinischen und amorphen Niederschlägen, auch von feinsten Fetttröpfchen und anderen kleinsten Körpern benutzen kann. Ausserdem wirken die Anilinfarben in ihren wässrigen Lösungen ganz ähnlich wie das essigsaure Kali, indem sie die Schicht aufweichen, aber nicht vom Glase ablösen. Unter den Anilinfarben habe ich anfangs nur die im Wasser löslichen benutzt und zwar vorzugsweise Methylviolet und Fuchsin. Die übrigen, namentlich Safranin, Gelb, Eosin, Orange, Methylgrün, Jodgrün, Blau färben nicht so kräftig und sind auch nicht beständig. Für einzelne Objekte eignet sich Fuchsin besser, da es nicht so intensiv färbt wie Methylviolet. Gewöhnlich jedoch giebt das letztere die besten Resultate. Von den verschiedenen Farbenabstufungen des Methylviolet habe ich die blauen (in den Preislisten über Anilinfarben mit Methylviolet BBBBB bezeichnet) mit Vorliebe angewandt.

Später, als es mir nicht allein darauf ankam, die Bacterien für das Auge, sondern auch für die photographische Platte bemerklicher zu machen, wandte ich meine Aufmerksamkeit auch den Anilinfarben zu, welche die chemisch wirksamen Lichtstrahlen, also den blauen Theil des Spektrums, nicht durchlassen. Die besten Resultate habe ich in dieser Beziehung mit einem Anilinbraun, sogen. Neubraun, erzielt.

Die Anwendung der Anilinfarben ist ebenso einfach als das übrige bisher beschriebene Verfahren.

Von einer concentrirten spirituösen Lösung des Methylviolet oder Fuchsin setze ich einige Tropfen zu 15—30 Gramm destillirten Wassers, so dass sich letzteres intensiv färbt; hiervon bringe ich mit einer kleinen Pipette einige Tropfen auf die zu färbende Bacterienschicht und halte die Flüssigkeit auf dem Deckglase durch Drehen desselben in beständiger Bewegung. Nach einigen Sekunden wird das Deckglas so schräg gehalten, dass die Anilinlösung an den Rand fliesst und die Bacterienschicht frei wird. An der mehr oder weniger blauen Farbe der letzteren erkennt man dann leicht, ob sie schon genügend gefärbt ist oder nicht; im letzteren Falle lässt man die Farbe von Neuem darüber hinfliessen, bis die gewünschte Färbung erreicht ist. Nach einiger Uebung wird man bald die Concentration der Anilinlösung und die Dauer der Färbung für die verschiedenen Objekte richtig beurtheilen lernen. Wenn die Anilinlösung zu schwach ist, löst sich die Bacterienschicht vom Glase ab; ist sie zu stark, dann färbt sich die Grundsubstanz, welche die Bacterien umgiebt, zu stark, und letztere heben sich zu wenig von ihrer Umgebung ab.

In einem gelungenen Präparate muss nach der Färbung die Grundsubstanz (d. h. der Rückstand der verdunsteten Flüssigkeit) kaum zu bemerken, die Bacterien dagegen müssen kräftig gefärbt sein. Die grösseren Formen färbt man weniger stark, so dass Sporenbildung, Gliederung, körnige Beschaffenheit des Inhaltes noch gut zu erkennen ist.

Sobald der richtige Grad von Färbung erreicht ist, wischt man die Anilinlösung vom Rande des Deckglases oder saugt sie mit Fliesspapier möglichst vollständig weg, oder man spült sie mit destillirtem Wasser oder einer verdünnten Lösung von essigsaurem Kali (1: 10) fort. Auch hierin verhalten sich die einzelnen Präparate verschieden; manche vertragen das Abspülen mit destillirtem Wasser, andere wieder nicht.

Die Färbung mit Anilinbraun ist von der eben beschriebenen mit Methylviolet und Fuchsin etwas verschieden. Da die mit Braun gefärbten Präparate in der Lösung von essigsaurem Kali die Farbe verlieren, dagegen die Aufbewahrung in Glycerin vertragen, so habe ich sie gleich von vornherein mit einem Tropfen einer concentrirten Lösung von Anilinbraun in gleichen Theilen von Glycerin und Wasser, welche von Zeit zu Zeit filtrirt werden muss, bedeckt und einige Minuten stehen lassen. Alsdann haben die Bacterien sich genügend

gefärbt und es kann die Farbstofflösung mit reinem Glycerin abgespült werden.

Eiweisshaltige Substanzen, wie Blut, Eiter und dergl., welche sich mit den wässrigen Lösungen des Methylviolet und Fuchsin nur schlecht färben lassen, geben mit in Glycerin gelöstem Braun ganz vorzügliche Präparate, welche sich auch besonders gut zum Photographiren eignen.

4. *Conserviren.* Zum Conserviren der so gefärbten Präparate kann man Canadabalsam, concentrirte Lösung von essigsaurem Kali oder Glycerin verwenden.

Zum Einlegen in Canadabalsam eignen sich nur die mit Methylviolet und Fuchsin gefärbten Präparate. Man lässt sie nach der Entfernung der Färbeflüssigkeit eine viertel bis eine halbe Stunde liegen, so dass sie wieder vollkommen trocken geworden sind und kann sie dann in gewöhnlicher Weise in Canadabalsam einlegen.

In einem derartigen Präparat gewähren die gefärbten Bacterien, namentlich Schwärme von Vibrionen, Bacillen, Micrococcenketten einen ausserordentlich schönen und zierlichen Anblick. Leider erscheinen Zoogloeahaufen und grössere Spirillen platt gedrückt. Auch ist es mir bis jetzt nicht gelungen, von Canadabalsampräparaten gute Photographien zu erhalten. Andererseits aber halte ich sie für ebenso dauerhaft wie andere in Canadabalsam eingelegte mikroskopische Objecte und aus diesem Grunde würden sie besonders für Sammlungen von Bacterienpräparaten zu empfehlen sein.

Mit Methylviolet und Fuchsin gefärbte Präparate müssen, wenn sie zum Photographiren benutzt werden sollen und wenn man die Bacterien in möglichst natürlicher Form erhalten will, in eine Lösung von essigsaurem Kali (1 : 2) und zwar unmittelbar nach Entfernung der Farbstofflösung noch feucht eingelegt und mit einem der gewöhnlich gebrauchten Kitte verschlossen werden.

Glycerin kann man zum Einlegen dieser Präparate nicht gebrauchen, da es die Farbe auszieht. Für die mit Anilinbraun gefärbten Präparate ist dagegen Glycerin die beste Flüssigkeit zum Conserviren.

5. *Photographiren.* Das Photographiren der Bacterien unterscheidet sich von demjenigen anderer mikroskopischer Gegenstände nicht wesentlich. Die Bacterien sind allerdings als sehr kleine, blasse Körper nicht ganz leicht zu photographiren. Doch gestatten die nach dem beschriebenen Verfahren angefertigten Präparate, weil die zu photographirende Schicht sich unmittelbar unter dem Deckglase befindet, die Anwendung der stärksten Immersionssysteme. Auch

das geringe Lichtbrechungsvermögen lässt sich, wie schon früher angedeutet wurde, durch die Färbung der Bacterien mit braunem Anilin, welches die chemisch wirksamen Strahlen zurückhält, für den photographischen Process ersetzen.

Unter günstigen Verhältnissen lassen sich indessen auch lebende Bacterien, sofern sie nur unbeweglich sind, photographiren, wie aus den Photogrammen der Milzbrandbacillen Taf. XVI. Fig. 1 u. 2 zu ersehen ist; selbstverständlich müsste immer einem derartigen Photogramm, auch wenn es noch so blass ausfällt, der Vorzug vor demjenigen gegeben werden, welches die präparirten und gefärbten Bacterien darstellt. Ich zweifle nicht, dass alle ruhenden Bacterien, namentlich die Micrococcen nach dem Leben photographirt werden können, und werde später darauf bezügliche Versuche anstellen.

Sporenhaltige Bacillen und Fäden lassen sich wegen des starken Lichtbrechungsvermögen der meisten Sporen am besten ungefärbt photographiren.

Hervorheben muss ich, dass mir niemals gelungen ist, absolut scharfe Umrisse der Bacterien zu erhalten. Durch den Anblick der Diatomaceen-Photographien und der üblichen mit scharfen Linien versehenen Abbildungen von Bacterien verwöhnt, hielt ich dies anfangs für die Folge eines fehlerhaften Verfahrens. Doch habe ich mich später davon überzeugt, dass in Wirklichkeit auch die stärksten mir zu Gebote stehenden Linsen-Systeme (Seiberts Immersionssysteme 8 und 9) die Bacterien nicht scharf contourirt erscheinen lassen. Deswegen nehme ich an, dass der Körper der Bacterien gegen die Schleimhülle nicht scharf abgegrenzt ist, sondern allmählig in dieselbe übergeht.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf aufmerksam machen, dass die photographische Platte überhaupt das mikroskopische Bild besser oder vielmehr sicherer wiedergiebt, als es die Netzhaut des Auges zu empfinden vermag.

Die lichtempfindliche Platte ist gewissermassen ein Auge, welches nicht durch helles Licht geblendet wird, welches nicht bei der anhaltenden Unterscheidung der geringsten Lichtunterschiede ermüdet und das nicht durch Glaskörpertrübungen oder andere Fehler behindert wird. Oft habe ich auf dem Negativ, wenn das Bild nur scharf eingestellt gewesen war, feine Objecte, z. B. feinste Geiselfäden gefunden, welche ich nachträglich nur mit äusserster Mühe und unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen im Mikroskop erblicken konnte.

Feine Messungen sehr kleiner blasser Gegenstände, welche sich unmittelbar mit dem Mikroskop gar nicht ausführen lassen, können auf dem Negativ leicht und sicher vorgenommen werden. Manche Streitfragen über feinere Strukturverhältnisse werden vielleicht mit Hülfe der Photographie zu lösen sein, namentlich wenn statt der bisher üblichen blauen und rothen Farben mehr von gelben, braunen oder solchen rothen Farbstoffen, welche den chemisch wirksamen Theil des Spektrums nicht durchlassen, ein vorsichtiger Gebrauch gemacht wird. Weitere Versuche mit den letzteren Farben würden bestimmt auch für die Bacterien-Photographie noch bessere Resultate gewinnen lassen, z. B. die Möglichkeit: Canadabalsam-Präparate zu photographiren.

Anfangs habe ich den von Reichardt und Stürenburg[1]) angegebenen Apparat und auch die Methode derselben zum Photographiren der Bacterien angewandt. Diese besteht darin, bei einfachem Tageslicht, welches für schwächere Vergrösserungen ausreicht, ein Negativ herzustellen und dieses dann durch eine zweite oder dritte Aufnahme auf die gewünschte Vergrösserung zu bringen. Für manche Objecte mag dieses Verfahren angebracht sein, aber in unserem Falle gehen bei der zweiten oder gar dritten Aufnahme zu viel Details verloren. Mit einer verbesserten Beleuchtungsvorrichtung war es mir noch möglich, mit einfachem Tageslicht, Bacillen mit ihren Geiselfäden bei dreihundertfacher Vergrösserung zu photographiren. Weiter vergrössert und zwar nur dreimal, also bis zu neunhundertfacher Vergrösserung, war indessen kein genügendes Bild von der ersten Platte mehr zu erzielen. Deswegen verliess ich dieses Verfahren und arbeitete später auf den Rath des Hüttendirektor Janisch in Wilhelmshütte bei Seesen und des Professor Dr. G. Fritsch in Berlin, welchen beiden Herrn ich meinen aufrichtigsten Dank ausspreche für die Bereitwilligkeit, mit der sie mich mit ihren Erfahrungen auf dem Gebiete der Mikrophotographie unterstützt haben, mit dem vom Professor G. Fritsch angegebenen, einfachen aber sinnreichen Apparat, welcher unter Anwendung von Sonnenlicht das Photographiren bei stärksten Vergrösserungen ermöglicht[2]).

Das Wesentliche dieses Apparates besteht darin, dass die Camera,

---

[1]) Lehrbuch der mikroskopischen Photographie von O. Reichardt und C. Stürenburg. Leipzig 1868.

[2]) Beschrieben in der photographischen Zeitschrift: Licht, herausgegeben vom photogr. Verein zu Berlin. Berlin, Verlag von Liebheit & Thiesen. 1869. Erster Jahrgang p. 140.

das Mikroskop und die Beleuchtungsvorrichtung horizontal aufgestellt und genau centrirt sind. Diese drei Theile des Apparates sind jeder für sich beweglich und von den beiden anderen Stücken unabhängig. Hierdurch unterscheidet sich der Apparat von allen anderen ähnlichen Zusammenstellungen, bei denen die einzelnen Theile an einem Stativ befestigt oder unmittelbar mit einander fest verschroben sind. Die Vorzüge der von Prof. Fritsch getroffenen Anordnung liegen darin, dass Fehler in der Centrirung leicht und schnell corrigirt werden können, dass Erschütterungen, welche beim Einsetzen der Kassette, beim Richten des Spiegels u. s. w. unvermeidlich sind, nur einen Theil des Apparates treffen und sich nicht auf die anderen fortsetzen können; dass schiefe Beleuchtung durch Drehung der Beleuchtungsvorrichtung nach der Seite hin in der einfachsten Weise erreicht wird, und dass schliesslich sowohl Mikroskop als Camera jederzeit zu anderen Zwecken benutzt werden können. Insofern bin ich indessen von dieser Einrichtung abgewichen, dass ich das Sonnenlicht durch einen Heliostaten dem Apparat zuführe und damit das lästige Richten des Spiegels vermeide. Im Fensterladen, vor welchem der Heliostat aufgestellt ist, befindet sich ein Schieber, der vermittelst einer Schnur vom Standpunkt neben der Kassette aus ohne die geringste Erschütterung des Mikroskops oder der Camera zur Belichtung der empfindlichen Platte geöffnet und wieder geschlossen werden kann. Der durch diese Oeffnung gehende Lichtstrahl wird durch ein oder mehrere matte Gläser in zerstreutes Licht verwandelt, passirt unter Umständen noch eine Cuvette mit Kupferammoniaklösung oder Kobaltgläser, und wird durch eine mit verschiedenen Diaphragmen versehene Beleuchtungslinse auf das zu photographirende Object geworfen. Als Beleuchtungslinse kann man die dem Mikroskop beigegebene zur Beleuchtung opaker Gegenstände dienende Linse gebrauchen. Doch habe ich meistens und zwar mit sehr gutem Erfolg zu diesem Zwecke ein mikroskopisches Objectivsystem (Hartnack's Objectiv 2 oder 4), welches in die Blendenhülse unter dem Objecttisch geschoben wird, benutzt. Vor dem Gebrauch habe ich jedesmal nach Entfernung der matten Gläser und Einschaltung sehr dunkler Kobaltgläser das von dem Beleuchtungsobjectivsystem entworfene Sonnenbildchen genau auf die Mitte des Objectes und auf die Ebene desselben eingestellt. Sobald dann der Sonnenstrahl durch das matte Glas wieder zerstreut wird, tritt der beste Beleuchtungseffekt ein. Etwaige Störungen im Gange des Heliostaten lassen sich ebenfalls leicht daran erkennen, dass nach einiger Zeit das Sonnenbild aus dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes gewichen ist;

die Correctur dieser Störung ergiebt sich aus der Richtung der Abweichung von selbst. Auf einen, wie mir scheint, nicht gleichgültigen Umstand will ich noch aufmerksam machen, der das Arbeiten mit dem mikrophotographischen Apparat nicht unwesentlich erleichtert. Da das Mikroskop und die Camera unmittelbar zusammenstossen, so bleibt, wenn das Object in das Gesichtsfeld gebracht oder innerhalb desselben verschoben werden soll, nichts anderes übrig, als das Mikroskop aus seiner horizontalen Lage aufzurichten, oder was noch umständlicher ist, die Camera so weit zu verkürzen, dass man mit der Hand den Objecttisch erreichen kann. Um diese zeitraubenden Verrichtungen, welche möglicherweise auch die Centrirung des Apparates stören, zu umgehen, habe ich am Objectivbrett der Camera einen trichterförmigen Ansatz anbringen lassen, der sich mit dem Objectivbrett ohne Verschiebung des Mikroskops oder der Camera leicht abnehmen lässt, und dann soviel Spielraum zwischen Camera und Mikroskop gewährt, dass man bequem nach Einsetzen des Oculars in das Mikroskoprohr mit dem horizontal stehenden Mikroskop in gewöhnlicher Weise die zu photographirende Stelle des Objectes aufsuchen und in die passendste Lage bringen kann. Nachdem dies geschehen, wird das Ocular entfernt, ein innen geschwärzter Papier-Cylinder in das Mikroskoprohr gesteckt, um die Spiegelung der glänzenden Metalltheile zu beseitigen, dann das Objectivbrett mit dem Trichter eingesetzt und die Mündung des letzteren, welche sich nahe vor dem Ende des Mikroskoprohrs befindet, durch eine Hülse von schwarzem Tuch lichtdicht mit dem Mikroskop verbunden. Jetzt bedarf es nur noch der Einstellung des Bildes für die Ebene, welche die empfindliche Platte einnehmen soll. Auch für diesen Zweck hat Professor Fritsch eine sehr praktische Vorrichtung angegeben, welche darin besteht, dass die zur feinen Einstellung dienende Schraube des Mikroskops vermittelst eines Zahnrades und eines durch zwei Kugelgelenke verbundenen Stabes aus beliebig weiter Entfernung bewegt wird. Zur groben Einstellung kann das Bild auf einer matten Visirscheibe, aber zur feinsten Einstellung muss es auf einer durchsichtigen Scheibe mit einer Lupe beobachtet werden. In Betreff der eigentlichen photographischen Manipulationen muss ich den sich dafür Interessirenden auf die Lehrbücher der Mikrophotographie von Reichardt und Stürenburg[1]), Beneke[2]) und Gerlach[3]), von denen namentlich das letzte für den Anfän-

[1]) l. c. [2]) Beneke: Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung. Braunschweig 1868. [3]) Gerlach: Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1863.

ger sehr praktisch und zuverlässig ist, verweisen, neben welchen Schriften jedoch die Kenntniss eines grösseren photographischen Lehrbuches z. B des von Vogel[1]), unentbehrlich ist.

Bemerken will ich noch, dass für mikrophotographische Zwecke, sobald es sich um starke Vergrösserungen handelt, nur das Verfahren mit nassen Collodiumplatten und zwar mit einem möglichst empfindlichen Collodium verwendbar ist. Trockenplatten eignen sich wegen ihrer geringen Empfindlichkeit höchstens für schwache Vergrösserungen.

Was die Wahl der Mikroskop-Objective betrifft, so gebrauchte ich zuerst Hartnack'sche Objective (No. 7 und 9 immers), war aber von den damit angefertigten Bildern wenig befriedigt. Dann schaffte ich mir die Seibert und Krafft'schen photographischen Objective 1 Zoll, $\frac{1}{4}$ Zoll, $\frac{1}{8}$ Zoll und dessen Immersionssysteme 7, 8 und 9 an und erreichte damit so gute Resultate, dass ich nur noch mit diesen Objectiven gearbeitet habe.

Die photographischen Objective und das Immersions-System 7 sind vollkommen frei von Focusdifferenzen und geben sehr feine, scharfe Bilder. Für die Untersuchung der Bacterien schien mir vorläufig eine 500 -700fache Vergrösserung ausreichend zu sein, und da ich diese mit dem Immersions-System 7 bequem erreiche, so habe ich dieses System fast ausschliesslich angewandt.

Die Bestimmung dieser Vergrösserung lässt sich mit grösster Sicherheit vornehmen; sie geschah in der Weise, dass das Bild eines Objectivmikrometers auf der matten Scheibe entworfen, mit dem Zirkel genau gemessen und die Camera so weit ausgezogen wurde, bis die Vergrösserung genau 500 respective 700 betrug. Die hierdurch gefundene Entfernung der Visirscheibe vom Objectivsystem wurde dann bei der Aufnahme der Bilder eingehalten.

Bislang habe ich nur in gerader Richtung einfallendes Licht zum Photographiren benutzt. Doch möchte ich es für nothwendig halten, dass in Zukunft versucht wird, die Bacterien mit den stärksten Objectiven und unter Anwendung von mehr oder weniger schräg einfallendem Lichte zu photographiren Vielleicht würde man damit noch weitere Aufschlüsse über den feineren Bau der Bacterien und wie die Beobachtung von Dallinger und Drysdale[2]) vermuthen lässt, über das Vorkommen von Geiselfäden bei den kleinsten beweglichen Bacterienformen erhalten.

[1]) H Vogel Lehrbuch der Photographie Berlin 1874.

[2]) *On the existence of flagella in Bacterium termo. Monthly Microscopical Journal Sept 1875.*

Monochromatisches blaues Licht, welches sich beim Photographiren der Diatomaceen so nützlich erwiesen hat, gewährte mir nur für braun gefärbte Präparate Vortheil, dagegen für ungefärbte und für mit Methylviolet gefärbte Präparate schien es mir eher nachtheilig zu wirken.

Da die Bacterien nur kleine Körper sind und gewöhnlich zahlreiche Individuen derselben Form dicht neben einander liegen, so genügt gewöhnlich die Aufnahme eines kleinen Bildes. Uebrigens vermochte ich mit meinem Objectivsystem, wegen starker Krümmung der Bildfläche, bei 500facher Vergrösserung nur ein scharf eingestelltes Bild von $3\frac{1}{2}$—4 Centim. Durchmesser und bei 700facher Vergrösserung von 4—5 Centim. Durchmesser zu erhalten. Durch Anwendung von Blenden im Objectivsystem würde sich das Bild mehr ebnen lassen, dadurch aber auch an Lichtstärke einbüssen. Aus diesem Grunde und weil die Herstellung eines grösseren Gesichtsfeldes durch den Gegenstand nicht geboten war, habe ich keine Blenden angewandt und es bei den kleinen Bildern gelassen.

Denjenigen, welcher die Mikrophotographie ausüben und sich das lästige und langweilige Anfertigen der Copien nach seinen Negativen vereinfachen will, mache ich hier noch darauf aufmerksam, dass in neuerer Zeit haltbares lichtempfindliches Papier im Handel zu haben ist. Ich habe mich immer des sogenannten Lichtpauspapieres (mit Glanz) von R. Talbot[1]) zu meiner grössten Zufriedenheit bedient. Durch Papierpositive wird man indessen niemals alle Feinheiten des Negativs wiedergeben können, und wenn es sich um eine ganz genaue Reproduction des Negativs handelt, wird man seine Zuflucht zum Kohledruck nehmen müssen.

Nachdem ich das von mir befolgte Verfahren, die Bacterien zu präpariren und zu photographiren, geschildert habe, möchte ich noch ausdrücklich bemerken, dass ich dasselbe noch vieler Abänderung und Verbesserung fähig halte. Vielleicht giebt es noch andere Farben und bessere Conservirungsflüssigkeiten, als die von mir benutzten. Die photographische Technik, welche ich mir nur durch Studium der früher genannten Lehrbücher aneignen konnte, wird in geübterer Hand besseres leisten, als ich es vermochte. Namentlich würden sich unzweifelhaft durch richtige Auswahl der Belichtungszeit und der Verstärkungsmethoden noch kräftigere Bilder erzielen lassen. Vielleicht könnte man auch ein besonderes, für die im Bacterien-Präparat befindliche Anilinfarbe wenig empfindliches Collodium

---

[1]) Berlin N. Auguststrasse No. 68.

(gefärbtes Bromcollodium) anwenden, um noch stärkere Bilder zu erhalten.

6. *Beschreibung der Photogramme.* Aus einer grösseren Sammlung von Bacterien-Präparaten und darnach hergestellten Negativen habe ich einige Beispiele zur Veranschaulichung des Gesagten ausgewählt. Viele sehr interessante Objecte musste ich zurück lassen, zu deren Mittheilung ich vielleicht später Gelegenheit finde.

Selbstverständlich ist durchaus keine Retouche an den Negativplatten oder an den Copien vorgenommen. Letztere wurden nach den Original-Negativen durch die Lichtdruck-Anstalt der Herren Römmler und Jonas in Dresden angefertigt.

Wenn in der folgenden Beschreibung über Färbung des Präparates und Objectivsystem, mit welchem photographirt wurde, nichts bemerkt ist, dann ist das Präparat mit Methylviolet gefärbt und mit Seibert's Objectivsystem 7 photographirt worden.

Tafel XIV.

Fig. 1. Vergr. 200. Mit photographischem Objectiv $\frac{1}{4}$ Zoll und Fig. 2. Vergr. 500 mit Seibert's Immersionsobjectiv No. 7 photographirt.

Zoogloea ramigera. Itzigs. Beim ersten Anblick der Fig. 1 wird man unter dem baumförmigen Gebilde alles andere eher vermuthen, als eine Bacteriencolonie, eine Zoogloea. Bei genauerer Betrachtung erkennt man jedoch bald, dass Stamm und Zweige der beiden Bäumchen, von denen das grössere seinen Anheftungspunkt unten, das kleinere dagegen links oben hat, ganz gleichmässig aus kleinen Körnchen zusammengesetzt sind. Und bei stärkerer 500 facher Vergrösserung eines kleinen Stammes (Fig. 2) sieht man, dass derselbe aus ovalen, vielfach in Theilung, also in raschem Wachsthum begriffenen Bacterien besteht. Zuerst wurde diese eigenthümliche Zoogloea von Dr. Itzigsohn in sich zersetzenden Algenkulturen gefunden und der Gesellschaft der naturforschenden Freunde zu Berlin schriftliche Mittheilung darüber gemacht [1]). Nach Itzigsohn soll sie sich durch dendritische Verzweigung des ursprünglich mehr oder weniger kugligen Gallertkörpers bilden, und die zu Spirillen gewordenen ovalen Körperchen ausschwärmen lassen. Ich habe die *Zoogloea ramigera* nur einige Male vom Juni bis August 1876 ebenfalls auf faulender Algenflüssigkeit, und zwar einmal in ungeheurer Menge gefunden. Sie war untermengt mit anderen wolkenähnlich gebildeten Zoogloeamassen, deren Bacterien indessen grösser waren, als die-

---

[1]) Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin 19. November 1867. Dr. Eidam. Mykologie 1872 p. 191.

jenigen der *Zoogloea ramigera,* einen Uebergang zwischen Beiden oder ein Auswachsen der kugligen Zoogloea in baumförmig gestaltete habe ich nicht auffinden können. Im Gegentheil sieht man schon bei den kleinsten Colonien, welche aus wenigen Individuen bestehen, dass die Bacterien sich dicht an einander schliessen und zu langgestreckten Stämmchen entwickeln. Bei einer Länge, welche ungefähr der in Fig. 2 entspricht, schwillt das obere Ende an und theilt sich schliesslich in zwei oder mehrere Aeste. Ebensowenig kann ich die von Itzigsohn behauptete Verwandlung der eiförmigen Bacterien in Spirillen bestätigen. Ich habe trotz sorgfältiger Beobachtung nichts derartiges gesehen.

An die Schilderung der *Zoogloea ramigera* anknüpfend, will ich über die Zoogloeenbildungen im Allgemeinen bemerken, dass dieselben in sehr verschiedenen aber wohl charakterisirten Formen vorkommen. Eine der merkwürdigsten und auffallendsten ist jedenfalls die *Zoogloea ramigera.* Andere Zoogloeen haben gelappte Gestalt, noch andere sind knollenförmig, einige haben reine Kugelgestalt und sind entweder gleichmässig mit Bacterien gefüllt oder sie lassen in der Mitte einen Hohlraum. Auch Präparate mit ringförmigen besitze ich. Die meisten werden von kugligen, ovalen oder lang ovalen Bacterien gebildet, doch giebt es auch solche, die aus kurzen Stäbchen und aus kleinen Spirillen zusammengesetzt sind. Die Zoogloeen enthalten immer unbewegliche und in schneller Vermehrung begriffene Bacterien, sie bilden also Ruhezustände, wie sie im Formenkreis der niedrigsten Organismen fast niemals fehlen. Die Zoogloeaform allein kann indessen zur Charakteristik einer bestimmten Bacterienart nicht genügen. Andererseits ist es aber auch sehr unwahrscheinlich, dass eine Bacterienart bald in dieser, bald in jener Gruppirung ihren Ruhezustand einnehmen wird, namentlich da, wie ich einzelnen Beobachtungen entnehme, die Entwickelung der Bacterien zur Zoogloea, gerade so wie die Bildung von Häutchen (Taf. XV, Fig. 2) oder bei manchen Bacillen das Auswachsen zu langen Gliederfäden (Taf. XVI, Fig. 2 und 3) der Entwicklung von Sporen vorhergeht. Es ist daher geboten, in Zukunft den Zoogloeen mehr Aufmerksamkeit zu schenken und womöglich festzustellen, ob ihrem Zustandekommen ein Schwärmzustand der betreffenden Bacterien vorhergeht und wie die Sporenbildung sich in ihnen gestaltet. An einer in Regenwasser entstandenen kugligen aus ovalen Bacterien bestehenden Zoogloea konnte ich im Laufe von mehreren Wochen folgenden Vorgang bemerken. Nachdem die Zoogloea eine gewisse Grösse erreicht hatte, bildeten sich in ihr Gruppen von 10—12 Bacterien, welche

bis dahin ganz gleichmässig im Zoogloeaschleim vertheilt gewesen waren; sie rückten immer näher zusammen und erschienen schliesslich wie zusammengeballt; dann bildete sich in einigen Bacterien je ein glänzendes Körnchen, welches ganz das Aussehen von Sporen hatte. Das Häufchen schrumpfte immer mehr zusammen und wurde blass. Zuletzt bestand die Zoogloea aus Gruppen jener glänzenden Körnchen und einzelnen Resten von Bacterien. In diesem Zustande senkte sich die kleine Flocke auf den Boden des Gefässes, während an der Oberfläche immer neue Zoogloeen entstanden.

Fig. 3. Vergr. 500. *Spirillum Undula.* Sehr schwach mit Methylviolet gefärbt und nach ganz kurzem Eintrocknen mit essigsaurer Kalilösung aufgeweicht.

Jeder, der dieses sehr häufig in allen möglichen faulenden Flüssigkeiten vorkommende *Spirillum* genau beobachtet hat, wird finden, dass von der feinkörnigen Beschaffenheit und der eigenthümlichen Gestalt der einem kleinen deutschen *w* gleichenden Spirale desselben durch die Präparation nichts verloren gegangen ist.

Fig. 4. Vergr. 500. Nach einem trocknen ungefärbten Präparat photographirt. *Spirillum Undula* mit Geiseln. Die Figuren 3 und 4 mögen zur Bestätigung dessen dienen, was bei Schilderung des Präparationsverfahrens über Eintrocknen der Bacterien und Sichtbarmachen der Geiseln gesagt wurde. Das in Fig. 3 als wirkliche Spirale erscheinende *Spirillum* ist, wie Fig. 4 zeigt, nach dem Eintrocknen Sförmig geworden, und während bei dem in Flüssigkeit befindlichen *Spirillum* die Geiseln wegen ihres geringen Lichtbrechungsvermögens nicht sichtbar sind, fallen sie nach Entfernung der Flüssigkeit, also nach dem Trocknen, sofort in die Augen. Die Gestalt dieser Geiseln ist die eines langen, leicht bogenförmig geschwungenen, kräftigen, aber nach dem Ende zu sich verjüngenden Fadens. Das *Spirillum Undula* trägt an jedem Ende eine derartige Geisel.

Aehnliche aber etwas schwächere und kürzere Geiseln habe ich bei *Vibrio Rugula* gesehen.

Fig. 5. Vergr. 500. Nach einem trocknen ungefärbten Präparate photographirt. Mehrere Bacillen mit Geiseln. In der Mitte befinden sich drei Exemplare und nach dem Rande zu zwei ebensolche, welche ein wenig unterhalb der Einstellungsebene liegen, da sie hell mit dunklen Rändern erscheinen. Diese Bacillen haben eine schwerfällige wackelnde Bewegung, sind dicker, in manchen Exemplaren auch länger als die Bacillen der Fig. 6 (beim Vergleich ist zu beachten, dass Fig. 5 500 mal und Fig. 6 700 mal vergrössert ist). Sporenbildung habe ich bei diesen Bacillen nicht gesehen; vermuthlich bilden sie lange Fäden und entwickeln dann erst Sporen. Wegen der

Grösse, der eigenthümlichen Bewegung und des Fehlens der Sporen in den beweglichen, noch kurzen Stäbchen, halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass diese Bacillen dem eigentlichen *Bacillus subtilis* angehören, der sich im Heu-Infus entwickelt. Ich habe sie an der Oberfläche von faulenden Pflanzenaufgüssen oft gefunden. Die Form der Geisel ist ebenso wie die Bewegung von derjenigen des folgenden Bacillus verschieden. Er trägt an jedem Ende eine starke mit ein bis zwei grossen Krümmungen versehene oder aufgerollte Geisel.

Fig. 6. Vergr. 700. Nach einem trocknen ungefärbten Präparat photographirt. Dieser Bacillus findet sich oft an der Oberfläche von faulenden Pflanzenaufgüssen und zwar in solcher Menge, dass er eine ziemlich dicke schleimige Haut auf denselben bildet. Er hat eine eigenthümliche zitternd rotirende Bewegung, durch welche er leicht von andern Bacillen, namentlich vom Vorhergehenden, zu unterscheiden ist. Beide Enden des Bacillus tragen eine Geisel, welche eine feine regelmässig gestaltete Wellenlinie bildet. Auf seine eigenthümliche Sporenbildung, welche die Fig. 3. Taf. XV. zeigt, komme ich bei Besprechung dieser Figur zurück. Da dieser Bacillus vom *Bacillus subtilis* sich durch die abweichende Sporenbildung und von dem von Trécul und van Tieghem[1]) beschriebenen *Bacillus amylobacter* sich dadurch unterscheidet, dass er nicht im Pflanzengewebe, sondern an der Oberfläche von Aufgüssen sich findet und die beim *Bacillus amylobacter* gefundene Jodreaction nicht giebt, so halte ich ihn für eine besondere Art und schlage den Namen *Bacillus tremulus* für ihn vor.

Zu den drei vorhergehenden Photogrammen, welche geiseltragende Bacterien enthalten, habe ich hier noch folgende Bemerkungen einzuschalten. Ehrenberg hat zuerst an einem, von ihm als *Bacterium triloculare* bezeichneten Bacillus eine fadenartige wirbelnde Geisel (Rüssel) an einem Ende des Stäbchens gesehen und abgebildet[2]). Sodann hat F. Cohn[3]) Geiselfäden an *Spirillum volutans* gefunden und in diesen Beiträgen beschrieben. Später haben Dallinger und Drysdale (l. c.), wie aus der Figur und dem benutzten Objectiv (Powell and Lealand $\frac{1}{8}''$) zu entnehmen ist, bei ungefähr 1500facher Vergrösserung und mit einer besondern Vorrichtung für sehr schiefe Beleuchtung *(with the supplementary stage for very oblique illumination)* Geiseln an *Bacterium Termo* gesehen.

---

1) M. Ph. van Tieghem: *sur le bacillus amylobacter et son rôle dans la putréfaction des tissus végétaux, Bull. de la Soc. botanique de France. XXIV. 1877.*
2) Infusionsthierchen 1838 p. 76. Tab. V. Fig. 1. 2.
3) Diese Beiträge: Bd. I. Heft 2 p. 183.

Mit welchen Schwierigkeiten dies indessen verknüpft war, mag man daraus abnehmen, dass der eine der beiden Forscher erst nach langem Suchen *(after nearly five hours of incessant endeavour a flagellum was distinctly seen at one end of two termo which were moving slowly across the field)* eine Geisel erblickte und dann erst nach weiterer mehrstündiger Arbeit beide ein *Bacterium termo* mit einer Geisel an jedem Ende sahen. Es dürfte wohl nur wenigen Mikroskopikern vergönnt sein, diese Beobachtung, deren Richtigkeit ich durchaus nicht bezweifle, nach derselben Untersuchungsmethode zu bestätigen; es gehören schon ganz besonders glücklich construirte Augen dazu, nachdem man fünf Stunden lang *Bacterium termo* beobachtet hat, dann noch ein so ungemein zartes und blasses Gebilde wie eine Geisel zu erkennen. Mir wenigstens würde das unmöglich sein. Eine dritte Angabe über Geiselfäden der Bacterien ist von Dr. Warming[1]) gemacht. Er fand sie bei röthlichen Vibrionen und Spirillen, welche an der dänischen Küste vorkommen. Diese Schriften von Warming und von Dallinger und Drysdale habe ich indessen erst kennen gelernt, nachdem ich die Geiselfäden schon bei mehreren Bacterien gesehen hatte. Meine Aufmerksamkeit wurde dadurch auf die Geiselfäden gelenkt, dass ich bei Exemplaren von *Spirillum Undula*, welche am Rande eines Tropfens lagen und in der flachen Flüssigkeitsschicht sich nicht fortbewegen konnten, eine wirbelnde Bewegung der Flüssigkeit an den Enden wahrnehmen konnte. Aber trotz aller Anstrengung gelang es mir nicht, die als Ursache dieses Wirbels vermuthete Geisel zu erkennen. Sobald indessen die Flüssigkeit verdunstete und das *Spirillum* eintrocknete, waren mit einem Male die Geiseln sehr deutlich zu sehen. Durch diese Beobachtung geleitet gelang es mir dann noch weiter an *Vibrio Rugula*, wie schon früher erwähnt wurde, und an Bacillen Geiselfäden aufzufinden. Diese eben genannten, sowie eine Art sehr kleiner Spirillen, besitzen an jedem Ende eine Geisel. Dagegen fand ich bei einer kleinen, sehr wenig gekrümmten Bacterie von kurzer gedrungener Gestalt nur eine Geisel, welche sehr fein ist und einem langgestreckten S gleicht. Mit äusserst zarten Geiseln, welche erst durch die später zu erwähnende Behandlung mit *Extr campechian.* zum Vorschein kamen und photographirt werden konnten, war eine Bacterie versehen, welche ihrer Grösse und Bewegung nach für *Bacter. lineola* gehalten werden muss. Merkwürdigerweise trägt diese Art die beiden Geiseln an dem einen Ende dicht neben einanderstehend.

---

[1]) Dr Eug Warming. *Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bakterier.* Kjöbenhaven 1876.

Bei diesen Untersuchungen war es jedoch sehr störend, dass die Geiseln nur an solchen Bacterien sichtbar wurden, welche dicht am Rande des Tropfens oder noch besser ausserhalb desselben eingetrocknet waren. Nach dem Innern des Tropfens zu waren sie durch die mit eintrocknenden, gelösten Bestandtheile der Flüssigkeit zu stark verdeckt. Um dem abzuhelfen und zugleich den Beweis zu führen, dass die Geiselfäden an den eingetrockneten Bacterien nicht etwa ein zufälliges seltnes Vorkommen oder gar ein Kunstproduct seien, habe ich versucht, dieselben mit Farbstoffen zu imprägniren und dadurch leichter wahrnehmbar zu machen. Dass für diesen Zweck mit Anilinfarben nichts zu erreichen war, konnte ich schon daraus abnehmen, dass ich in keinem der vielen mit Anilin gefärbten Bacterienpräparate bis dahin Geiseln gefunden hatte. Indessen versuchte ich nochmals alle mir zugänglichen Anilinfarben und überzeugte mich von der eigenthümlichen Thatsache, dass so schnell und so reichlich der Körper der Bacterien die verschiedensten Anilinfarben aufnimmt, doch die Geiseln von keiner einzigen derselben auch nur im geringsten gefärbt werden. Dann wandte ich Carmin, Hämatoxylin — Alaunlösung, Tannin und noch verschiedene andere Farbstoffe an mit demselben negativen Erfolg. Nur mit Pikrinsäure gelang es, die Geiseln etwas deutlicher zu machen. Zuletzt versuchte ich verschiedene Pflanzenextracte und fand, dass sich das *Extractum campech.* in einer concentrirten, wässrigen Lösung, der, um Schimmelbildung zu verhüten, ein wenig Campher zugesetzt war, ganz vortrefflich zur Färbung der Geiseln eignet. Durch vorsichtigen Zusatz dieser Lösung zu bacillen- und spirillenhaltiger Flüssigkeit gelingt es sehr leicht, die Geiseln sichtbar zu machen. Noch deutlicher und schöner sind sie zu sehen, wenn man die Lösung einige Zeit auf die am Deckglas eingetrocknete Bacterienschicht wirken lässt, entfernt und das Präparat wieder trocknet. Ich habe auf diese Art Präparate erhalten, in denen unter Schwärmen von Bacillen fast jeder einzelne Bacillus sehr schöne, braun gefärbte Geiselfäden erkennen lässt. Derartige Präparate lassen sich in den gewöhnlichen Einschlussflüssigkeiten, namentlich Glycerin, nicht auf die Dauer bewahren, da der Farbstoff sehr bald ausgezogen wird. Doch kann man sich dadurch helfen, dass man das Deckglas nach der Behandlung mit *Extr. campech.*, in eine schwache Chromsäurelösung oder in die Müller'sche Flüssigkeit bringt, es bildet sich dann eine braunschwarz gefärbte unlösliche Verbindung des *Extr. campech.* mit Chrom (bekanntlich werden viele Sorten Schreibtinte vermittelst Blauholzabkochungen und Chromsalzen her-

gestellt). Hierauf kann man das Präparat in Glycerin oder nach nochmaligem Eintrocknen in Canadabalsam legen. Ein solches Canadabalsam-Präparat besitze ich von *Bacillus tremulus*, in dem an vielen Exemplaren zugleich Sporen und Geiseln zu sehen sind.

Da nun schon bei einer nicht geringen Anzahl von Bacterien Geiselfäden als Bewegungsorgane aufgefunden sind, so ist die Annahme wohl gerechtfertigt, dass alle mit selbständiger Bewegung versehenen Bacterien Geiselfäden besitzen. Mir erscheint es auch durchaus nicht zweifelhaft, dass mit Hülfe von starken Objectiven, schräger Beleuchtung und Färbung mit *Extr. campech.* oder anderen vielleicht noch wirksameren Farbstoffen, die Geiseln bei den kleinsten Bacterien nachzuweisen und zu photographiren sind.

F. Cohn sprach sich schon früher[1]) über die Verwandtschaftsbeziehungen der Bacterien dahin aus, dass die Kugel- und Stäbchenbacterien leicht mit kugligen oder elliptischen Monaden zu verwechseln seien und dass, wenn die von ihm bei *Spirillum volutans* entdeckten Geiseln auch bei den eigentlichen Bacterien gefunden würden, wie Ehrenberg vermuthet habe, dann die mundlosen Arten der bisherigen Gattung *Monas* unmittelbar mit den geiselführenden Bacterien vereinigt werden müssten. Dieser Fall ist jetzt eingetreten und es würde also nothwendig sein, die Gattung *Monas* zu trennen und theilweise den Infusorien, also dem Thierreiche, theilweise den Bacterien, also dem Pflanzenreiche, zuzutheilen. Die Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich, welche in ihren untersten Regionen undeutlich und verwischt erscheint, würde sich dadurch weit schärfer ziehen lassen.

Fig. 7. Vergr. 500. *Spirochaete plicatilis.* Häufig in Rinnsteinen, im Stadtgraben von Wollstein, im Schlamm am Rande des Wollsteiner Sees, während des ganzen Sommers gefunden. Die eigenthümlichen, ausserordentlich schnellen Bewegungen und die zweifache Wellenlinie, welche sie bildet, unterscheiden diese Spirochaete sehr leicht von andern. Die primären Windungen sind bei allen Exemplaren gleich gross, die secundären dagegen sind oft, namentlich bei längeren Individuen, von ungleicher Grösse. Ausser der *Spirochaete plicatilis* enthält dieses Photogramm noch mehrere Exemplare von *Vibrio Rugula,* welche in ziemlich regelmässigen Abständen mit dunklen Körnchen versehen sind, ferner noch eine andere kurze dicke Spirochaete (oberhalb und links von der *Spiroch. plicat.*), welche in der ersten Hälfte des Sommers häufig im Schlamme des

[1]) Diese Beiträge Bd. I. Heft 2 p. 185.

Wollsteiner Sees vorkommt; die Bewegungen dieser letzteren Spirochaete sind langsam.

Fig. 8. Vergr. 500. Spirochaete des Zahnschleims[1]). In trocknem, ungefärbtem Zustande photographirt. Mit essigsaurem Kali eingelegte Präparate wurden ebenfalls photographirt; sie fallen blasser aus, während die Länge und Dicke der Spirochaeten dieselbe wie in Fig. 8 ist. Diese Spirochaete scheint mir ein ebenso regelmässiger Bewohner der menschlichen Mundhöhle zu sein, wie *Leptothrix;* ich habe vielfach den Inhalt von kariösen Zähnen und den Schleim, welcher sich an der Basis der Backzähne und zwischen denselben findet, untersucht und diese Spirochaeten ohne Ausnahme in grossen Mengen gefunden. Sie hat grosse Aehnlichkeit mit der Spirochaete des Rückfalltyphus, ist jedoch kürzer und etwas dünner; einige Exemplare erreichen wohl die Dicke, aber nie die Länge der Typhus-Spirochaeten.

Von Manassëin[2]) wurden in dem Inhalte einer nach der Mundhöhle zu offnen Balggeschwulst mehrere Monate lang Spirochaeten gefunden, für identisch mit den Recurrensspirochaeten erklärt und aus dieser Beobachtung irrige Rückschlüsse über die Bedeutung der Spirochaeten für den Recurrenstyphus gemacht. Dass es sich in diesem Falle jedoch nicht um Recurrensspirochaeten, sondern höchst wahrscheinlich um Zahnschleimspirochaeten handelte, bedarf wohl mit Rücksicht auf den Fundort der Spirochaeten keiner weiteren Begründung. (Bei der Vergleichung der Figuren 7 und 8 auf Tafel XIV mit Fig. 7 und 8 auf Tafel XVI, welche die Typhusspirochaeten enthalten, ist zu berücksichtigen, dass letztere 700fach und die Spirochaeten der Tafel XIV nur 500fach vergrössert sind.)

Die Spirochaete des Zahnschleims würde sich, da sie jederzeit und sehr leicht zu beobachten ist, vielleicht dazu eignen, die Entwicklungsgeschichte dieser eigenthümlichen Gebilde zu studiren, was für die Aetiologie des Rückfalltyphus vom grössten Werth sein könnte. Auffallend ist es, dass die Zahnschleimspirochaeten nicht blos eine sehr verschiedene Länge, sondern auch verschiedene Dicke besitzen, manche sind ungemein dünn und klein. Vielleicht sind dies verschiedene Entwicklungsstadien.

Tafel XV.

Fig. 1. Vergr. 500. Sehr wenig mit Methylviolet gefärbt, um die Sporenbildung nicht zu verdecken. Kurze keulenförmige

---

[1]) Cohn, Beiträge I. 2. p. 180.

[2]) Heydenreich: Ueber den Parasiten des Rückfalltyphus p. 40.

Bacillen ohne Bewegung. Gefunden im Jahre 1877 im Safte einer faulen Zwiebel, welche in einem Sumpf gelegen hatte. Die keulenförmige Gestalt ist durch Bildung einer Spore am einen Ende des Bacillus bedingt. Einige Bacillen sind noch vollkommen cylindrisch, in anderen zeigen sich die ersten Andeutungen der Spore, welche immer grösser und dunkler wird. Schliesslich wird der Bacillenfaden blass, schwindet fast ganz und bildet nur ein Anhängsel der Spore.

In der Gruppe befindet sich noch ein kleiner cylindrischer Bacillus mit vier Sporen in gleichen Abständen. Einem bedeutend grösseren, aber durch Sporenbildung ebenfalls keulenförmig gestalteten Bacillus begegnen wir in Fig. 2. Ausserdem besitze ich noch Präparate mit ähnlichen keulenförmigen Bacillen, welche sich durch die Dicke oder Länge des Bacillenfadens, sowie die Grösse der Spore von diesen beiden hier mitgetheilten Formen wesentlich unterscheiden. Mehrere derselben zeichnen sich dadurch aus, dass sie 2—6 gliedrige Ketten bilden, in denen die Sporen oder die sterilen Enden zweier benachbarter Glieder zusammenstossen, also in dieser Weise: — . . — — . . — — . sehr häufig sieht man diese Form: . — — .. welche auch in Fig. 2 auftritt. Alle diese Bacillenformen scheinen keine selbständige Bewegung zu besitzen; Geiselfäden habe ich an ihnen nicht wahrgenommen. Vorzugsweise finden sie sich in Früchten, Wurzeln, im saftigen Stengel von Wasserpflanzen, welche im Wasser faulen. Unzweifelhaft gehört die von van Tieghem *Bacillus amylobacter* genannte Art [1]) in diese Gruppe von Bacillen. Ob dieselbe aber mit der hier abgebildeten identisch ist, vermag ich nicht zu sagen, da van Tieghem die Grössenverhältnisse seines *Bacillus* nicht angegeben hat und ich noch nicht Gelegenheit hatte, die Einwirkung, welche Jod auf dieselben hat, zu prüfen. Nach van Tieghem sollen diese Bacillusarten nur Cellulose-Fäulniss veranlassen; ich habe sie mehrfach im Körper todter Wasserinsekten, denselben ganz ausfüllend, einigemale auch in faulendem Blute [2]) gefunden, was wohl darauf schliessen lässt, dass sie sich unter Umständen auch an der Zersetzung eiweisshaltiger Substanzen betheiligen. Erwähnen will ich noch, dass ich neben den keulenförmigen Bacillen auch eine andere, wie mir scheint, hierher gehörige Form gefunden habe, deren Individuen etwas kürzer, als diejenigen der Fig. 4, lanzettförmig gestaltet und mit einer dem einen Ende näher gelegenen Spore versehen sind, welche indessen oval geformt ist und den Bacillenkörper nicht keulenförmig oder bauchig auftreibt.

[1]) l. c. [2]) Vergl. auch die Abbildungen in der Schrift von Salomonsen l. c. Taf. III. Fig. 1. 3. 4. 7 etc.

Fig. 2. Vergr. 500. Ungefärbt. Lange keulenförmige Bacillen mit Sporen. An der Oberfläche von Kartoffeln, welche in Wasser aus dem Wollsteiner Stadtgraben faulten, gefunden.

Fig. 3. Vergr. 500. Der schon bei Taf. XIV. Fig. 6 erwähnte *Bacillus tremulus* mit Sporen.

Dieser Bacillus gehört, was die Sporenbildung betrifft, einer anderen Gruppe, als die vorhin erwähnten keulenförmigen, mit endständigen Sporen versehenen Bacillen an. Die hier photographirten Exemplare haben allerdings sämmtlich nur eine Spore zur Entwicklung gebracht, doch ist das nicht die Regel. Bei üppigem Wachsthum sieht man oft ganz ähnlich, wie bei Fig. 4, den *Bacillus tremulus* mit 2 auch 3 vollständig entwickelten und einigen verkümmerten Sporen. Die ausgebildeten Sporen liegen dann bald mehr dem Ende, bald mehr der Mitte zu, sind also durchaus nicht regelmässig endständig. Das eigenthümliche bei der Sporenbildung der Bacillengruppe, welcher der *Bacillus tremulus* angehört, ist indessen, dass die Spore dicker wird, als der Bacillenkörper; dabei aber letzteren nicht keulen- oder spindelförmig auftreibt, sondern blasenartig aus dem Bacillus hervorquillt. Deswegen erscheint die ausgewachsene Spore gewöhnlich seitenständig. Auch diese Gruppe umfasst ausser diesen und der folgenden noch andere Formen. Eigenthümlich ist es, dass manche, so auch die in Fig. 4 gegebenen Bacillen nur zur Sporenbildung kommen, nachdem sie Häutchen an der Oberfläche von destillirtem oder Regenwasser, überhaupt von Flüssigkeiten, welche keinem eigentlichen Fäulnissprozess unterworfen sind, gebildet haben. Ob diesem Ruhezustande ein bewegter vorhergeht, habe ich bis jetzt nicht feststellen können. Der *Bacillus tremulus* dagegen findet sich nur in faulenden Flüssigkeiten und bis jetzt habe ich ihn niemals in einem Ruhezustande gesehen. Dass er mit Geiselfäden versehen ist, wurde schon früher besprochen.

Fig. 4. Vergr. 500. Bacillen mit mehreren seitlichen Sporen. Diese Art fand sich an der Oberfläche von Regenwasser nach mehrtägigem Stehen zugleich mit weit ausgedehnten Häutchen, die von einer dem *Bact. termo* ähnlichen und ebenfalls sporenhaltigen Bacterie gebildet waren. Die Sporen dieser letzteren Art sind auch dicker als der Bacterienkörper und treten kugelartig aus diesem hervor; doch habe ich noch eine andere kleinere Form von *Bact. termo* öfter gesehen, welche sich lebhaft bewegte und mit Sporen versehen war, die den Durchmesser des Bacterienkörpers nicht überschritten; ich möchte daher annehmen, dass das, was bis jetzt gewöhnlich unter dem Namen *Bact. termo* begriffen wird, mehrere durch Sporen-

bildung und Grösse verschiedene Arten umfasst, welche gelegentlich unterschieden werden müssen.

Fig. 5. Vergr. 700. Mit Anilinbraun gefärbt, in Glycerin eingelegt. Schafblut, welches vier Tage lang bei einer Temperatur von 8—10° C. in einem offenen Gefäss gestanden hatte. Links oben befindet sich eine Gruppe mittelgrosser Micrococcen, nach unten von diesen eine etwas kleinere Form und an der rechten Seite der grossen Gruppe eine dunkel gefärbte kleinste Form, an welche sich noch weiter nach rechts wieder eine Gruppe der kleineren Form anschliesst. In demselben Präparat war eine noch grössere Micrococcenform vertreten, die grösste. welche ich bis jetzt überhaupt gefunden habe; sie bildete ebenfalls Gruppen und die einzelnen Individuen derselben, welche fast den dritten Theil vom Durchmesser eines Blutkörperchens erreichten, befanden sich meistens in der Theilung, also in lebhaftem Wachsthum. Leider ist das Negativ, welches eine Gruppe dieser grössten Micrococcen neben anderen kleineren Formen enthielt und ebenfalls veröffentlicht werden sollte, beim Copiren für den Lichtdruck zerbrochen. Wir haben also in demselben faulenden Blut grösste, mittelgrosse, kleinere und kleinste Micrococcen zu unterscheiden und zwar bildet jede Form für sich eine ziemlich genau begrenzte Gruppe, an deren Rand, wie es bei dem Präparationsverfahren nicht anders möglich ist, sich einzelne oder mehrere Micrococcen einer anderen Form anlegen; doch sind auch in diesem Falle die nicht zur Gruppe gehörigen Micrococcen leicht zu erkennen. Unzweifelhafte Uebergangsformen zwischen diesen verschiedenen Gruppen sind nicht vorhanden.

Fig. 6. Vergr. 700. Mit Anilinbraun gefärbt, in Glycerin eingelegt. Dasselbe Blut, welches das Präparat zu Fig. 5 geliefert hatte, enthielt nach vierwöchentlichem Stehen bei derselben Temperatur die in Fig. 6 wiedergegebenen Formen von Bacterien. Die Blutkörperchen, welche in Fig. 5 noch gut erhalten scheinen, sind in Fig. 6 verschwunden und statt der in Gruppen gelagerten Micrococcen erscheinen hier reihenförmig angeordnete, daneben einzelne sehr kleine Micrococcen und längliche zu *Bact. termo* gehörige Formen, die auch schon in Fig. 5 zu bemerken sind.

Fig. 7. Vergr. 700. Mit Anilinbraun gefärbt, in Glycerin eingelegt. Kettenförmig angeordnete Micrococcen, welche sich constant und oft in grosser Menge im Zungenbelag finden. Zwischen je zwei oder vier Micrococcen ist immer ein deutlicher Zwischenraum. Die beiden grossen ovalen Körper sind Kerne vom Plattenepithel der Mundhöhle. An dem einen Ende der Kette befindet sich ein Hau-

fen kleinster Micrococcen, welche in dichten Zoogloeamassen den eigentlichen Zahnschleim bilden. Gewöhnlich umschliessen diese letzteren, wie es auch hier der Fall ist, kleine Gruppen von einem etwas grösseren Micrococcus, der sich durch eine nie fehlende jedesmal ein bis vier Individuen umschliessende breite glasartige Schleimhülle auszeichnet (in Billroth's Werk über *Coccobacteria septica* auf Taf. III. Fig. 22 abgebildet).

Fig. 8. Vergr. 500. Reihenförmig geordnete Micrococcen, eine feine Haut auf Wasser bildend, welches in Schleim eingebettete *Gomphonema*arten enthielt und mehrere Tage der Fäulniss überlassen blieb. Nur im Frühjahr 1877 einigemale gefunden. In der Flüssigkeit selbst fanden sich lange Ketten desselben Micrococcus aber keine Zoogloeabildung.

In den Figuren 5 bis 8 sind nur einige Micrococcenformen wiedergegeben; ihre Zahl ist damit noch nicht erschöpft und ich hätte, wenn es der Raum gestattete, wohl dreimal so viel Photogramme von verschiedenen Micrococcenformen veröffentlichen können. Bei der Auswahl, welche ich hier getroffen habe, kam es mir nur darauf an, zu zeigen, dass auch die Kugelbacterien sich recht gut in Formen trennen lassen, welche allerdings vorläufig nur durch die Grösse und characteristische Gruppirung (auch die *Zoogloea ramigera* muss hierher gerechnet werden) unterschieden werden müssen — sowie dass, sobald diese Gruppen nicht gestört und, wie es gewöhnlich bei der Untersuchung von Bacterienflüssigkeiten geschieht, nicht Alles durcheinander gerührt wird, auch keine Uebergangsformen zwischen den verschiedenen Micrococcen vorkommen. In Betreff des letzten Punktes, welcher noch so vielfach Widerspruch findet, will ich noch anführen, dass man sich von der Richtigkeit desselben am leichtesten durch Culturen in kleinen Glaszellen überzeugen kann. In einem eingeschlossenen Tropfen fäulnissfähiger Flüssigkeit, z. B. Blut, Fleischwasser, entwickeln sich gewöhnlich nur eine oder wenige Bacterienformen, die immer colonieweise jede für sich von einem Entwicklungscentrum aus wuchern, sich schliesslich berühren oder verdrängen, auch durch einander mengen, wenn sie beweglich sind, aber niemals Uebergangsformen bilden. Alle diese Vorgänge lassen sich in dem Tropfen, weil die Flüssigkeit fortwährend, ohne sie zu bewegen, beobachtet werden kann, bequem verfolgen. Bei einer sehr grossen Reihe von in dieser Weise angestellten Untersuchungen, ebenso auch in frei faulenden Flüssigkeiten, welche mit möglichster Vorsicht in sehr dünner Lage auf das Deckglas gebracht, und um die Bacterien in ihrer natürlichen Anordnung zu lassen, eingetrocknet

und dann erst weiter untersucht wurde, habe ich niemals Uebergangsformen finden können, welche zu der Vermuthung geführt hätten, dass wie man heutzutage noch vielfach annimmt, die Bacterien sämmtlich in den Entwicklungskreis einer oder weniger Formen gehören.

Tafel XVI.

Fig. 1. Vergr. 700. *Bacillus Anthracis.* Dieses Photogramm zeigt die Milzbrandbacillen in ganz frischem lebenden Zustande. Milzsubstanz einer unmittelbar vorher an Impf-Milzbrand gestorbenen Maus wurde möglichst schnell unter einem Deckgläschen mit Oel in einen hohlen Objectträger eingeschlossen, um die Verdunstung zu verhüten und sofort photographirt.

Die Blutkörperchen erscheinen hier sehr dunkel, da sie als gelbrothe Körper nur wenig chemisch wirksame Strahlen durchlassen und weil die Platte, um die zarten Linien der Bacillen zu erhalten, nur möglichst kurze Zeit belichtet werden konnte. Uebrigens ist die homogene Beschaffenheit der Bacillen und die schwach angedeutete Theilung einzelner Fäden ganz naturgetreu wiedergegeben.

Fig. 2. Vergr. 700. Dasselbe Präparat, welches die Fig. 1 zeigt, nachdem es 24 Stunden bei 18—20° C. gehalten war. Die Milzbrandbacillen sind schon bedeutend gewachsen, haben die Blutkörperchen zurückgedrängt und bilden eine dichte verfilzte Masse. Auch diese Bacillen sind ohne jede Präparation nach dem Leben photographirt.

Fig. 3 und 4. Vergr. 700. Milzbrandbacillen, welche in *humor aqueus*[1]) zu langen Fäden ausgewachsen sind und Sporen gebildet haben. Um die Fäden zum Photographiren in eine Ebene zu bringen, wurde die Flüssigkeit eingetrocknet, aber die getrocknete Substanz unmittelbar nachher wieder in *Kali acet.* aufgeweicht und ohne gefärbt zu sein, photographirt. In Fig. 3 erscheinen die Fäden noch deutlich; Fig. 4 zeigt ein weiteres Stadium, in dem die Fäden zerfallen und verschwinden, so dass die Sporen allein, aber noch in Reihen geordnet, zurück bleiben.

Im Gegensatz zu den kolbenförmigen sporenhaltigen Bacillen und zu den Bacillen mit blasenartig hervortretenden Sporen bilden der *Bacillus Anthracis,* der *Bacillus subtilis* und einige andere hierher gehörige Formen eine dritte Bacillengruppe, welche zu mehr oder weniger langen Ketten oder Fäden auswachsen und dann erst in jedem Gliede eine die Dicke des Fadens nicht übertreffende Spore entwickeln.

[1]) Vgl. diese Beiträge Bd. II Heft II p. 286.

Die Präparate, nach denen die Photogramme der Milzbrandbacillen angefertigt wurden, stammen von Thieren her, die mit mehr als fünf Jahre altem, getrockneten, Sporen enthaltenden Milzbrandblut erfolgreich geimpft sind. Ich erwähne dies ausdrücklich, da es Feser[1]) bei Wiederholung meiner Versuche über Impfungen mit Sporen des *Bacillus Anthracis* nicht gelungen ist, diese länger als einige Monate wirksam, also lebensfähig zu erhalten, und er daraus schliesst, dass „die Milzbrandsporen die von mir behauptete Lebenszähigkeit nicht besitzen.“ Aber ich habe nicht allein zu meinen früheren Versuchen meistens sporenhaltige Substanzen, welche schon Jahre alt waren, gebraucht, sondern noch in der allerletzten Zeit vielfache Impfungen (einige noch vor wenigen Wochen im pflanzenphysiologischen Institut zu Breslau) mit sporenhaltigem Milzbrandblut gemacht, welches vor ein oder zwei Jahren und selbst vor fünf Jahren getrocknet war und zum Zwecke der Impfung in destillirtem Wasser oder Glycerin aufgeweicht wurde. Alle diese Impfungen sind ausnahmslos erfolgreich gewesen.

Die jahrelange Haltbarkeit der Milzbrandsporen ist also eine ganz feststehende Thatsache, welche dadurch, dass ein anderer Beobachter ein negatives Resultat bei seinen Versuchen erhält, nicht umgestossen werden kann. Für die Praxis würde es sehr wichtig sein zu untersuchen, unter welchen Bedingungen die Milzbrandsporen so schnell unwirksam werden, wie bei den Feser'schen Versuchen der Fall war, es müssten sich daraus am einfachsten die Massregeln ergeben, welche man zur Ausrottung des endemischen Milzbrandes, welcher nur durch die Bildung der lange haltbaren Milzbrandsporen bestehen kann, zu ergreifen hat. Vielleicht geben die Feser'schen Versuche hierfür einen Anhalt. Von diesen Versuchen müssen als nicht ganz zweifelsfrei diejenigen ausgeschlossen werden, bei denen direkt von den frischen Cadavern entnommene Gewebstheile zur Sporenbildung angesetzt wurden, ohne sie vor dem Eindringen anderer Bacterien zu schützen, da Feser selbst sagt (p. 394), dass die in diesen Substanzen später gefundenen Sporen möglicherweise von andern ähnlichen in faulendem Blut und dergleichen vorkommenden Bacillen herrühren konnten. Es bleiben also nur die Versuche mit in geschlossenen Zellen gezüchteten reinen Milzbrandsporen übrig. Wie nun aus den betreffenden Protokollen (S. 393 und 394) zu ersehen ist, hat Feser die sporenhal-

[1]) Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde 1877. Heft 5 und 6.

tige Flüssigkeit auf Schreibpapier eingetrocknet, und gerade hierin scheint mir der Grund für das Misslingen der später mit diesem Material angestellten Impfversuche zu liegen, denn es ist bekannt, dass Schreibpapier meistens einen nicht unbedeutenden Gehalt an Blei, Kupfer oder Arsen hat, der aus den Farbstoffen der zur Fabrikation dienenden Lumpen stammt, oder auch, um dem Papier einen gewissen Farbenton zu geben, absichtlich zugesetzt wird. Da es aber bis jetzt noch nicht erwiesen und auch ganz unwahrscheinlich ist, dass die Milzbrandsporen durch Salze der genannten Metalle nicht getödtet werden, so ist die von Feser befolgte Methode durchaus nicht so fehlerfrei, wie er annimmt.

Fig. 5. Vergr. 700. Von derselben Milzsubstanz, welche zur Herstellung der vorhergehenden Photogramme gedient hatte, wurde eine dünne Schicht auf einem Deckgläschen eingetrocknet, mit Anilinbraun gefärbt und in Glycerin eingelegt. Durch dieses Verfahren wurden die Blutkörperchen ihres Farbstoffes beraubt, dagegen die Bacillen, sowie die Kerne der weissen Blutkörperchen braun gefärbt. Auf der Photographie erscheinen daher jetzt, im Gegensatz zur Photographie der frischen unpräparirten Milzsubstanz, die Blutkörperchen kaum angedeutet als blasse Kreise, die Kerne der weissen Blutkörperchen ziemlich dunkel und die Bacillen, weil sie am meisten braun gefärbt sind, ungemein kräftig und dunkel. Zugleich fällt aber auch auf, dass die Bacillen zwar nicht in Länge und Breite verändert sind, aber doch deutlich gegliedert und an dem Ende nicht abgerundet, sondern abgestutzt erscheinen. Ausserdem ist die Gliederung insofern eigenthümlich, dass die Glieder nicht durch eine einfache Querlinie geschieden sind, sondern dass die helle Trennungslinie in der Mitte eine kleine Anschwellung besitzt und dass die Verbindungsstelle zwischen zwei Gliedern eine schwache knotenförmige Verdickung zeigt. Beim ersten Anblick macht deswegen der Bacillus den Eindruck, als ob er in regelmässigen Abständen mit hellen Punkten besetzt wäre. Dieses aussergewöhnliche Verhalten beim Eintrocknen findet sich bei keinem von allen andern Bacillen, die ich bis jetzt untersucht habe, wieder. Höchstens wird die Gliederung durch das Trocknen und Färben der Bacillen und ihrer Ketten ein wenig prägnanter. Aber dieses abgestutzte und punktirte Aussehen, wie es der getrocknete und gefärbte Milzbrandbacillus annimmt, ist für diesen so charakteristisch, dass man dasselbe zur Diagnose des Milzbrands mit vollkommener Sicherheit benutzen kann. Und in der That habe ich vor einigen Monaten bei einem Menschen, welcher zwei Tage vorher an Milzbrand in Form einer diffusen An-

schwellung an der linken Halsseite erkrankt war, durch das Auffinden einiger Bacillen, welche dieses charakteristische Kennzeichen hatten, die richtige Diagnose stellen können, welche letztere durch erfolgreiche Ueberimpfung der Anthraxsubstanz auf Thiere bestätigt wurde. Die getrockneten Milzbrandbacillen habe ich auch mit Blauholzextraktlösung gefärbt und genau untersucht, aber nicht die geringste Andeutung von Geiseln finden können. Ich erwähne das nur, weil damit auch ein morphologischer Unterschied zwischen dem *Bacillus Anthracis* und dem *Bacillus subtilis,* welcher ersterem in Grösse, Wachsthum und Sporenbildung ungemein ähnlich ist, aber Geiseln besitzt, gegeben wird. Für die Milzbrand-Aetiologie würde hierdurch der Einwand, welchen man so oft gemacht hat, dass unmöglich derselbe Organismus das eine Mal als *Bacillus subtilis* Buttersäuregährung und das andere Mal als *Bacillus Anthracis* tödtliche Krankheit erzeugen könne, beseitigt werden; denn *B. subtilis* und *B. Anthracis* sind nicht nur in ihrer physiologischen Wirkung, sondern auch in ihrer Gestalt und in ihren ganzen Lebensbedingungen vollkommen von einander abweichende Organismen.

Fig. 6. Vergr. 700. Mit Anilinbraun gefärbt. Blut aus der *Art. basilaris* einer nach zwei Tagen (im Juni) secirten Erstickungsleiche. Im Pericardialserum derselben Leiche fanden sich dieselben Bacillen, theilweise zu drei bis vier Mal längeren Fäden ausgewachsen und mit Sporen versehen. Wahrscheinlich gehören diese Bacillen derselben Form an, welche Billroth in seinem Werke über *Coccobacteria septica* auf Taf. IV. Fig. 34 abgebildet und *Streptobacteria gigas* genannt hat. Nach meiner Erfahrung sind dies gewöhnlich die ersten Bacterien, welche im Blute von Leichen auftreten, daneben finden sich oft noch andere kleinere und dünnere Bacillenformen, von denen auch in Fig. 6 eine kleine Gruppe zu sehen ist. Erst später kommen im Leichenblute Micrococcen, *Bacterium termo* und ähnliche Arten zum Vorschein. Ob, wie von Manchen angenommen wird, die Keime jener ersten Bacillen schon im lebenden Blute enthalten waren, aber erst im Leichenblute die Bedingungen für ihre Entwicklung finden, muss ich dahin gestellt sein lassen. Wahrscheinlicher ist es mir jedoch, dass sie erst nach dem Tode aus dem Verdauungskanal in das Pericardialserum und in das Blut einwandern, da man sie zuerst und in grösster Zahl immer in der Nähe der Verdauungsorgane findet. Im frischen Zustande sind sie nur etwas deutlicher gegliedert als die Milzbrandbacillen, sonst sind sie diesen in Länge und Breite so ähnlich, dass man sie nur

bei sorgfältiger Untersuchung unterscheiden kann; und manche Behauptung über Blut, welches Milzbrandbacillen enthielt und sich beim Impfen erfolglos erwies, und ähnliche Irrthümer sind zweifellos durch Verwechslung des *Bacillus Anthracis* mit diesen Bacillen entstanden. Der Unterschied zwischen beiden tritt weit deutlicher durch Eintrocknen und Färben hervor, und um dies recht augenfällig zu machen, habe ich die beiden Photogramme neben einander gestellt. Beide sind genau in derselben Weise präparirt und gefärbt; aber sofort fallen bei den Milzbrandbacillen die eckigen fest aneinander schliessenden, an den Enden noch verdickten Glieder des Stäbchens auf im Gegensatz zu den lose verbundenen abgerundeten Gliedern des Bacillus im faulenden Blute.

Diese beiden letzten Photogramme veranlassen mich, noch auf einen Punkt, welcher von Naegeli in seinem neusten Werke[1]) berührt wurde, einzugehen. Naegeli nimmt nämlich an, dass alle dickeren Stäbchen und Fäden (oft selbst die dünneren) bei Behandlung mit verschiedenen Reagentien (namentlich mit Jodtinctur, auch beim Austrocknen) bald torulos (wodurch die Gliederung nur angedeutet wird), bald deutlich kurzgliederig erscheinen, und er giebt in Fig. 2 (pag. 4) eine schematische Zeichnung, wie diese Gliederung an Bacillen und Spirillen beschaffen sei. Gerade auf diesen Umstand habe ich mein besonderes Augenmerk vom Anfang meiner Untersuchungen an gerichtet, da schon früher von anderen Seiten über das Zerfallen von Bacillen in Micrococcen und umgekehrt über das Entstehen von Stäbchen aus Micrococcen berichtet ist und je nachdem diese Angaben sich bestätigten oder als Irrthümer herausstellten, unsere gesammten Anschauungen über die Bacterien sich grundverschieden gestalten müssen. Es ist also gewissermassen eine Principienfrage, deren Entscheidung man anstreben muss, wenn eine Verständigung unter den Bacterienforschern erreicht werden soll und zu deren Lösung ein Jeder nach seinen Kräften beizutragen hat. Meine Erfahrung nun, welche sich auf tausende von getrockneten Präparaten stützt, von denen viele mit Jodtinctur und auch mit andern Reagentien behandelt wurden, widerspricht den Naegeli'schen Beobachtungen. Das habe ich auch gefunden, dass Gliederungen von Fäden durch Eintrocknen deutlicher werden, was ja namentlich aus den beiden letzten Photogrammen hervorgeht; ferner dass Jodtinktur in manchen Bacillen, Spirillen und Vibrionen den feinkörnigen Inhalt stärker hervortreten lässt. Aber so kurz gegliederte Bacillen und

[1]) Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten und der Gesundheitspflege. München 1877.

Spirillen wie sie Naegeli abbildet, habe ich niemals, weder nach Eintrocknen noch nach Behandlung mit Jodtinktur gesehen. Die Figuren 4, 5, 6 und 8 der ersten Tafel stellen sämmtlich im getrockneten Zustande befindliche Bacterien dar, alle übrigen Bacillen (mit Ausnahme von Fig. 1 und 2) und Spirochaeten sind vor dem Färben getrocknet gewesen; aber an keinem dieser Bacterien wird man eine torulose oder kurzgliedrige Beschaffenheit erkennen. Ein Irrthum meinerseits kann hier unmöglich vorliegen, denn es würde wenigstens an den eingetrockneten Bacterien, welche so stark vergrössert und so scharf eingestellt photographirt wurden, dass ihre Geiseln zum Vorschein kamen, eine etwa vorhandene Gliederung nicht verborgen geblieben sein. Den Einwand aber, den ich auch schon früher gehört habe, dass man nämlich nach Belieben eine Bacterie auf der Photographie gegliedert oder ungegliedert erscheinen lassen könne, kann nur derjenige im Ernste machen, der nicht die geringste Kenntniss von Microphotographie besitzt.

Fig. 7 und 8. Vergr. 700. Mit Anilinbraun gefärbt, in Glycerin eingelegt. *Spirochaete Obermeieri*. Vom Methylviolet werden die Recurrens-Spirochaeten sehr intensiv gefärbt und eignen sich vorzüglich zum Einlegen in Canadabalsam. Auch Anilinbraun nehmen sie gut an und geben damit gefärbt ziemlich kräftige Bilder. Wie schon früher angegeben wurde, verdanke ich das Material zu diesen Photogrammen Herrn Dr. Albrecht in Petersburg, welcher die Güte hatte, mir eine Anzahl Deckgläschen mit eingetrocknetem Blut von Recurrenskranken zu senden. Ich war dadurch in den Stand gesetzt, eine grössere Anzahl von Photogrammen anzufertigen, von denen ich des knappen Raumes wegen nur diese beiden mittheilen konnte. Das dazu benutzte Präparat stammt von einem 22jährigen Manne, 28 Stunden nach Beginn des zweiten Anfalles. Da die Spirochaeten nicht so regelmässige Windungen, wie in den bekannten Abbildungen und in manchen Präparaten resp. Photogrammen noch stärkere Biegungen und Knickungen, wie in Fig. 7 zeigten, so vermuthete ich, dass sie durch Eintrocknen so verändert würden. Diese Vermuthung erwies sich indessen als unrichtig, da Dr. Albrecht auf eine Anfrage folgende Mittheilung machte: „Was die Formverhältnisse der Spirochaete vor dem Eintrocknen anbelangt, so kamen Spirochaeten vor, welche in gradliniger Richtung regelmässige Spiralen zeigten. Dieselben Spirochaeten nehmen oft bei gleichmässig bleibenden Windungen eine schwach gebogene Richtung an. Bei Weitem die Mehrzahl derselben zeigte jedoch schon während des Lebens Formen, wie sie auf Ihren von Prof. Cohn mir zugeschickten Photogrammen sehr schön zu sehen sind,

nur dass bei den schnellen Bewegungen ein beständiger Wechsel des Biegungswinkels Statt hatte. Dabei können die beiden Enden sich bis zur Berührung einander nähern, sogar übereinander herausgehen, um dann, zurückgehend, eine mehr gerade Richtung anzunehmen. Dabei erscheinen die Windungen nie gleichmässig geformt, vielmehr sind in der Gegend der Knickung immer eine oder mehrere Windungen grösser und länger, als die übrigen. Die schnellen Bewegungen und der beständige Wechsel der Formen lassen eine genaue Prüfung der Grösse und Zahl der Windungen nicht zu."

Es bestätigte sich also auch hier wieder, dass die Gestalt der Bacterien durch schnelles Eintrocknen mit wenigen Ausnahmen nicht verändert wird. Die Spirochaete der Fig. 8 zeichnet sich nicht allein durch ihre regelmässige Gestalt, sondern noch durch eine kleine knotenförmige Verdickung in der Mitte aus (das Negativ zeigt dieselbe weit deutlicher, als das Papierbild); ich habe diese Verdickungen, welche auch Heydenreich auf Taf. I Fig. 27 seiner Schrift[1]) abgebildet hat, nicht oft gefunden und vermag über die Bedeutung derselben nichts anzugeben.

Etwas, worauf meines Wissens noch nicht aufmerksam gemacht ist, tritt auf den Photographien sehr deutlich hervor, dass die Spirochaeten des Recurrens ebenso wie die Zahnschleimspirochaeten an beiden Enden zugespitzt sind, während die anderen Spirochaeten mehr oder weniger gestutzte Enden haben. Heydenreich lässt es unentschieden, ob die *Spiroch. plicatilis*, die Zahnschleimspirochaete und die *Spiroch. Obermeieri*, zu ein und derselben Art gehören oder nicht und hält es für möglich, dass die geringen Unterschiede in Gestalt und Grösse dieser drei Spirochaeten durch verschiedene Lebensbedingungen zu Stande kommen können. Dem gegenüber nehme ich an, dass die drei Spiroch. Arten streng von einander zu trennen sind. Die *Spiroch. plicatilis* unterscheidet sich von der Recurrensspirochaete durch die doppelte Wellenlinie und die Zahnschleimspirochaete durch geringere Dimensionen von derselben. Aber auch abgesehen von diesen Formunterschieden spricht gegen die Identität der drei Arten schon der Umstand, dass die *Spirochaete plicatilis* seit fast zwei Jahren von mir in Wollstein und Umgegend, wo bis jetzt noch niemals eine Recurrens-Epidemie vorkam, häufig gefunden, und die Zahnschleimspirochaete wahrscheinlich ein harmloser Begleiter der meisten Menschen ist. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass die Recurrensspirochaete nicht möglicher Weise auch anders wo vorkommen

[1]) l. c.

könnte, als im menschlichen Blute; aber wo sie sich findet, da muss sie auch durch gelegentliches Eindringen in den menschlichen Blutstrom und dadurch bewirkte charakteristische Krankheitserscheinungen sich manifestiren.

7. Zum Schluss meiner Arbeit möchte ich noch einmal auf den Werth der Photographie für die Bacterienforschung hinweisen. Jeder, der sich mit Bacterienuntersuchungen abgegeben hat, kennt die ausserordentliche Mannigfaltigkeit in den Formen der Bacterien und die grosse Schwierigkeit, dieselben richtig aus einander zu halten und zu gruppiren. Viele Formen in diesem Chaos gewinnen jetzt schon an Consistenz und müssen fixirt werden, so vor allen Dingen die mit Sporen versehenen Bacterien, dann die geiseltragenden Bacterien, ferner die Zoogloeabildungen und manche durch charakteristische Gestalt leicht erkennbare Formen. Es ist durchaus nicht nöthig, dass sofort eine jede dieser Formen als besondere Art bezeichnet wird, obwohl man dies in Betreff der sporenhaltigen Bacterien schon jetzt unbedenklich thun könnte. Es ist auch wahrscheinlich, dass bei weiterer Erforschung der Bacterien gewisse Formen dieser einzelnen durch Sporen, Geiseln u. s. w. bezeichneten Reihen als zusammen gehörig gefunden werden.

Vorläufig müssen aber, wie schon gesagt, alle fixirt werden, um eine naturgemässe Classification der Bacterien zu ermöglichen. Dazu eignet sich aber nichts mehr, als die Photographie. Es ist dringend zu wünschen, dass in Zukunft von allen bemerkenswerthen Funden haltbare Präparate, welche sich photographiren lassen, oder womöglich gleich Photographien selbst angefertigt werden. Um so mehr ist es geboten, wenn es sich um seltene Gegenstände handelt, oder wenn die Verhältnisse sich so gestalten, dass das Untersuchungsobject nicht Jedem zugänglich ist, z. B. das Vorkommen von Bacterien bei seltneren Krankheiten. So wäre beispielsweise sehr wichtig, wenn die in neuster Zeit von Klebs[1]) entdeckten Monas- und Navicula-artigen Organismen und die kleinen die Gestalt eines unregelmässigen Tetraeders besitzenden Infusorien, denen er einen Einfluss auf die Kropfbildung zuschreiben zu müssen glaubt, so wie die von ihm durch fractionirte Cultur mit Tuberkelmassen erhaltenen impffähigen Körperchen[2]), wenn diese also photographirt und das naturgetreue Bild dieser Dinge zu Aller Kenntniss gebracht würde.

---

1) Klebs: Studien über Cretinismus. Prag 1877.

2) Klebs: Ueber Tuberculose. (Nach einem Referat in der Allgem. med. Central-Zeitung 1877. No. 78—91.)

Dasselbe gilt von der Entdeckung des Prof. Semmer [1]), welcher im Speichel und Blut wuthkranker Hunde feinkörnigen Micrococcus und kleine Kettenformen, und bei acht an Wuth eingegangenen Rindern im Blute, ausser Kugel- und Stäbchenbacterien noch „geschwänzte, den Spermatozoen ähnliche Gebilde“ fand.

Sehr wichtig wäre es auch, dass die bei Diphtheritis und Septikämie gefundenen Bacterien, über deren Beschaffenheit die Angaben sehr widersprechend sind, photographirt würden. Es liessen sich dann leichter Vergleiche dieser mit anderen Bacterien anstellen und man würde bestimmt das Richtige an diesen Angaben vom Irrthümlichen scheiden können. Um solche Vergleiche zu ermöglichen, müssten Sammlungen angelegt werden, welche alles bisher auf dem Gebiet der Bacterienkunde gewonnene Material umfassten, und damit dieses Material durch naturgetreue Abbildungen Jedem zugänglich gemacht würde, müsste ähnlich dem Schmidt'schen Atlas der Diatomaceenkunde ein photographisches Sammelwerk geschaffen werden. Unzweifelhaft würden solche Einrichtungen von grösstem Nutzen sein, um die zahlreichen wilden Schösslinge, welche die Bacterienkunde getrieben hat und die ihrem Gedeihen ausserordentlich hinderlich sind, zu beseitigen.

[1]) Prof. E. Semmer (Dorpat): Zur Genesis der septischen Blutzersetzungen. (Nach einem Referat in der Allgem. med. Central-Zeitung 1877. No. 56 u. 57.)

Wollstein, November 1877.

Nachtrag zu den Bemerkungen über einige Ustilagineen.

Von

Dr. J. Schroeter.

Zu meinen Bemerkungen über *Entyloma* möchte ich hier noch einige Beobachtungen nachtragen, welche ich in diesem Herbst zu machen Gelegenheit hatte.

Wie auf anderen *Ranunculus*-Arten kommt auch auf *Ran. acer* L. eine *Entyloma*-Form vor. Ich traf dieselbe reichlich im October und November dieses Jahres auf einer schattigen Wiesenstelle in der Nähe von Rastatt. Die Wurzelblätter der Nährpflanzen waren auf der Rückseite mit zahlreichen kreisrunden, 1 bis 2 Mm. breiten, flachen, schneeweissen Flecken bestreut. Auf der Oberseite entsprachen ihnen bräunliche Flecke von derselben Grösse, gegen das Licht gehalten erschienen sie undurchsichtig. Die weisse Farbe war durch eine krümelige Anhäufung von Sporidien veranlasst, nach ihrer Entfernung erschienen die Flecke auch auf der Unterseite blassbräunlich. An den jüngeren Stellen der Flecke waren die Sporidien in regelmässigen Abständen büschelig gestellt, entsprechend den Spaltöffnungen aus denen sie hervortraten. Sie waren meist spindelförmig, etwas gebogen, 18 bis 22 Mik. lang, 2.5 bis 3 breit. Zwischen den Diachymzellen lagerten in den Flecken regelmässig in dichten Massen kugelige Zellen von 10 bis 12 Mik. Durchm., mit glatter etwa $1\frac{1}{2}$ Mik. dicker farbloser Membran. Diese *Entyloma*-Form ist also fast ganz gleich derjenigen, die auf *Ran. auricomus, R. sceleratus* und *Ficaria* vorkommt, nur sind die Sporidien kürzer. Die Flecken unterscheiden sich durch ihr mehr bräunliches Aussehen, sie ähneln in dieser Beziehung mehr denen von *Ent. verruculosum* Pass., von dem sich die Sporen aber durch das ganz glatte Epispor unterscheiden. In biologischer Beziehung ist die Form von jenen, welche, der Vegetationsweise ihrer Nährpflanzen entsprechend, nur im Frühjahr

1 bis 1.5 Mik. dickes farbloses Mycel. Dieses drängte sich aus den Spaltöffnungen, zum Theil auch zwischen den Epidermiszellen hervor, und trieb die letzteren theils zur Seite, theils überwucherte es dieselben, so dass das freie Lager auf der Blattoberfläche gebildet wurde. Die Sporen bilden sich an den Enden der Fäden einzeln, anfangs als eiförmige, später spindelförmige Körper. In den frühesten Zuständen fand ich zwischen den Diachymzellen keine *Entyloma*-Kugeln, obige Sporenbildung von dem Mycel ist also nach der üblichen Benennungsweise als Conidienbildung zu bezeichnen, nicht mehr als Sporidienbildung, unter welcher nur Sporenbildung von einem Promycel ausgehend, verstanden werden kann. Bald erscheinen nun in dem Blatt-Diachym an den Mycelfäden *Entyloma*-Sporen, aber anfangs auch nur in geringer Zahl unter den dichten Conidienrasen. Später nimmt die Zahl dieser Sporen zu, und sie erfüllen schliesslich in dichten Massen die Flecken, die jetzt braun werden, sich durch einen dunkleren Hof von der gesunden Blattsubstanz abgrenzen und sich dadurch vergrössern. Die missfarbenen Flecken fliessen nun oft zusammen, das Blatt vertrocknet, erscheint schwärzlich, mit den helleren *Entyloma*-Flecken besetzt. Die Sporen sind denen von *Ent. canescens* gleich, kuglig, 11—13 Mik. im Durchm., von einem glatten hellbräunlichen Epispor umgeben, mit stark lichtbrechendem Inhalt erfüllt, in der Mitte oft mit einem helleren Kern versehen. Oft grenzen sich die alten Flecken aber für sich ab und zwischen ihnen erscheinen später im September und October Nachschübe kleinerer weisser Flecken von *Entyloma*-Sporen.

Die ersterwähnte Conidienbildung von dem vegetativen Mycel, die der Sporenbildung vorausgeht, also nicht mit ihr im Zusammenhange steht, gleicht der Form, die ich, wie früher erwähnt, auf *Ranunculus repens* beobachtet und vorläufig als *Fusidium Ranunculi* bezeichnet hatte. sie bildet einen für diese und wohl auch noch einige andere Arten charakteristische Entwicklungsweise, die bei anderen Ustilagineen noch nicht bemerkt worden ist.

Man kann in dieser Conidienbildung eine Annäherung der Ustilagineen an die Hymenomyceten, speciell an die Tremellaceen finden. Diese Conidienbildung würde der Spermatienbildung bei Tremella an die Seite gestellt werden können, die Bildung der Sporidien bei *Entyloma* würde mit der Sporenbildung bei Tremella harmoniren, wenn man annähme, dass Basidien und die aus ihren Quadranten hervorgehenden Sterigmen vereinigt blieben.

Wahrscheinlich geht auch bei *Ent. Ranunculi* und *E. canescens* der Sporenbildung eine Conidienbildung voran oder gleichzeitig mit

ihr einher. Direct beobachtet worden ist dies allerdings, soweit ich weiss, noch nicht.

Bei anderen Ent.-Arten, speciell auch bei *Ent. microsporum* (Ung.) und *Ent. Calendulae* (Oud.), forma *Hieracii*, die ich in vergangenem Sommer und Herbst in der Umgegend von Rastatt häufig von ihren ersten Anfängen bis zur Sporenreife auf der lebenden Pflanze verfolgte, habe ich Andeutungen einer Conidien- oder Sporidienbildung auf der Nährpflanze während der Vegetationsperiode des Pilzes nie bemerkt.

Die ganze Gruppe der mir bekannten *Entyloma*-Formen könnte schliesslich in folgender Weise gruppirt werden:

Entyloma De Bary.

A. Formen bei denen Conidienbildung von dem vegetativen Mycel oder Sporidienbildung auf der lebenden Pflanze bei fortschreitender Entwickelung des Pilzes stattfindet.

a) *Entyloma*-Sporen mit Gallerthülle umgeben.

1) *E. fuscum.*
Nährpfl. *Papaver Argemone* L.

b) *Entyloma*-Sporen ohne Gallerthülle.

2) *E. Ranunculi* (Bon.).
Nährpfl. 1. *Ranunculus acer* L.
2. *R. auricomus* L.
3. *R. sceleratus* L.
4. *R. Ficaria* L.

3) *E. canescens.*
Nährpfl. 5. *Myosotis stricta* M.
6. *M. hispida* Schldl.
7. *M. silvatica* Hoffm.

4) *E. serotinum.*
Nährpfl. 8. *Symphytum officinale* L.

B. Formen bei denen keine Conidien- oder Sporidienbildung während der fortschreitenden Entwicklung des Pilzes eintritt.

a) *Entyloma*-Sporen mit glattem, schwachen, gleichmässig dicken Epispor.

5) *E. Calendulae* (Oud.).
Nährpfl. 9. *Calendula officinalis* L.
10. *Hieracium vulgatum* Fr.

6) *E. Corydalis* DBy.
Nährpfl. 11. *Corydalis solida* Sm.

7) *E. Chrysosplenii.*
Nährpfl. 12. *Chrysosplenium alternifolium* L.

8) *E. Muscari* (Passerini).
Nährpfl. 13. *Muscari comosum* Mill.

b) *Entyloma*-Sporen mit flach-warzig verdicktem Epispor.

9) *E. verruculosum* Pass.

Nährpfl. 14. *Ranunculus lanuginosus* L.

c) *Entyloma*-Sporen schwach eckig, Epispor ungleichmässig verdickt, 2schichtig.

10) *E. Linariae.*

Nährpfl. 15. *Linaria vulgaris* L.

d) *Entyloma*-Sporen mit stark verdicktem, farblosen oder hell ocherfarbenem Epispor.

11) *E. microsporum* (Unger).

Nährpfl. 16. *Ranunculus repens* L.

17. *R. bulbosus* L.

12) *E. Eryngii* (Corda).

Nährpfl. 18. *Eryngium campestre* L.

e) Sporen mit stark verdicktem, mehrschichtigem, eckigem, braunem Epispor.

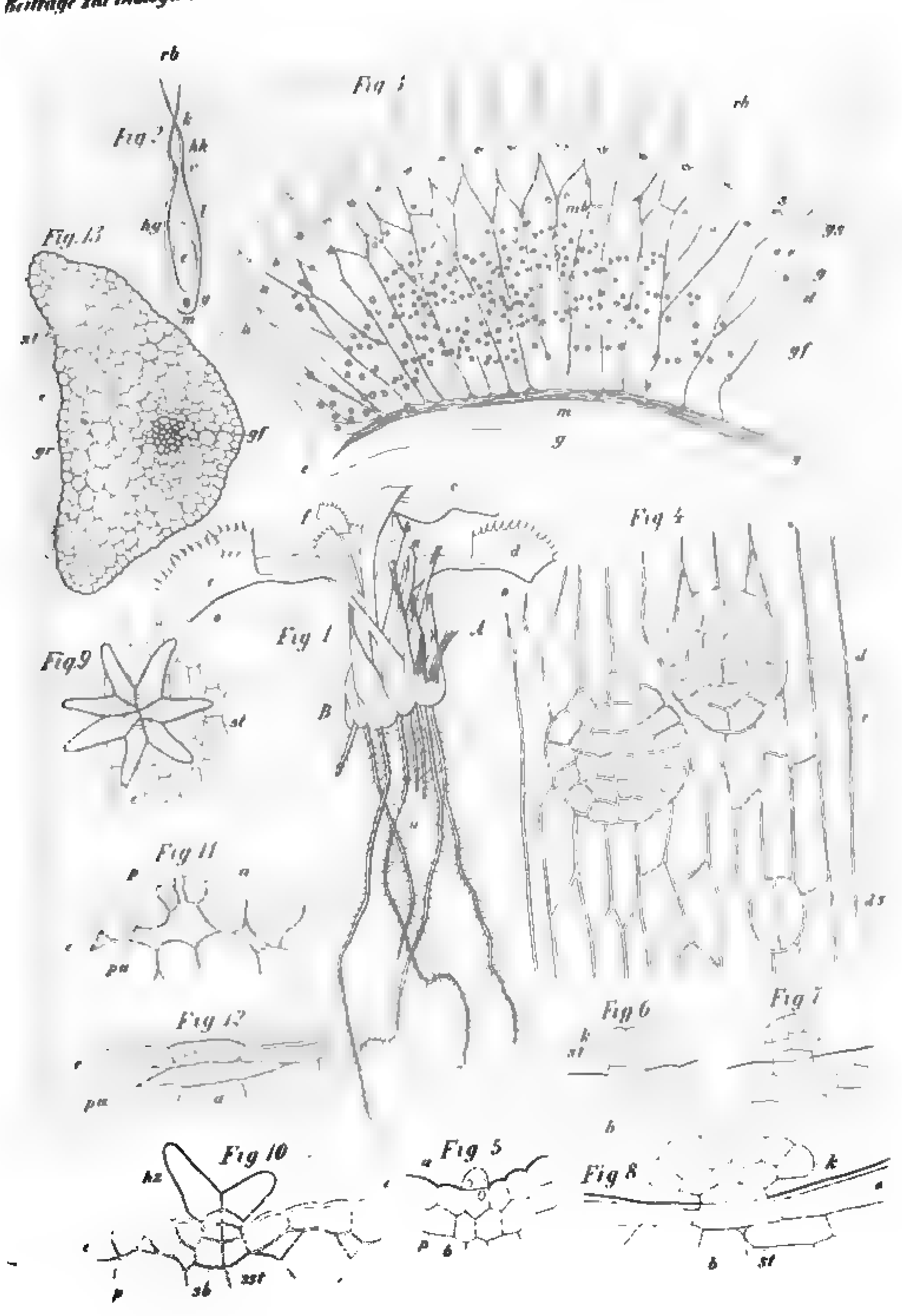
13) *E.* (?) *plumbeum* (Rostr.).

(Ari Cooke's).

Nährpfl. 19. *Arum maculatum* L.

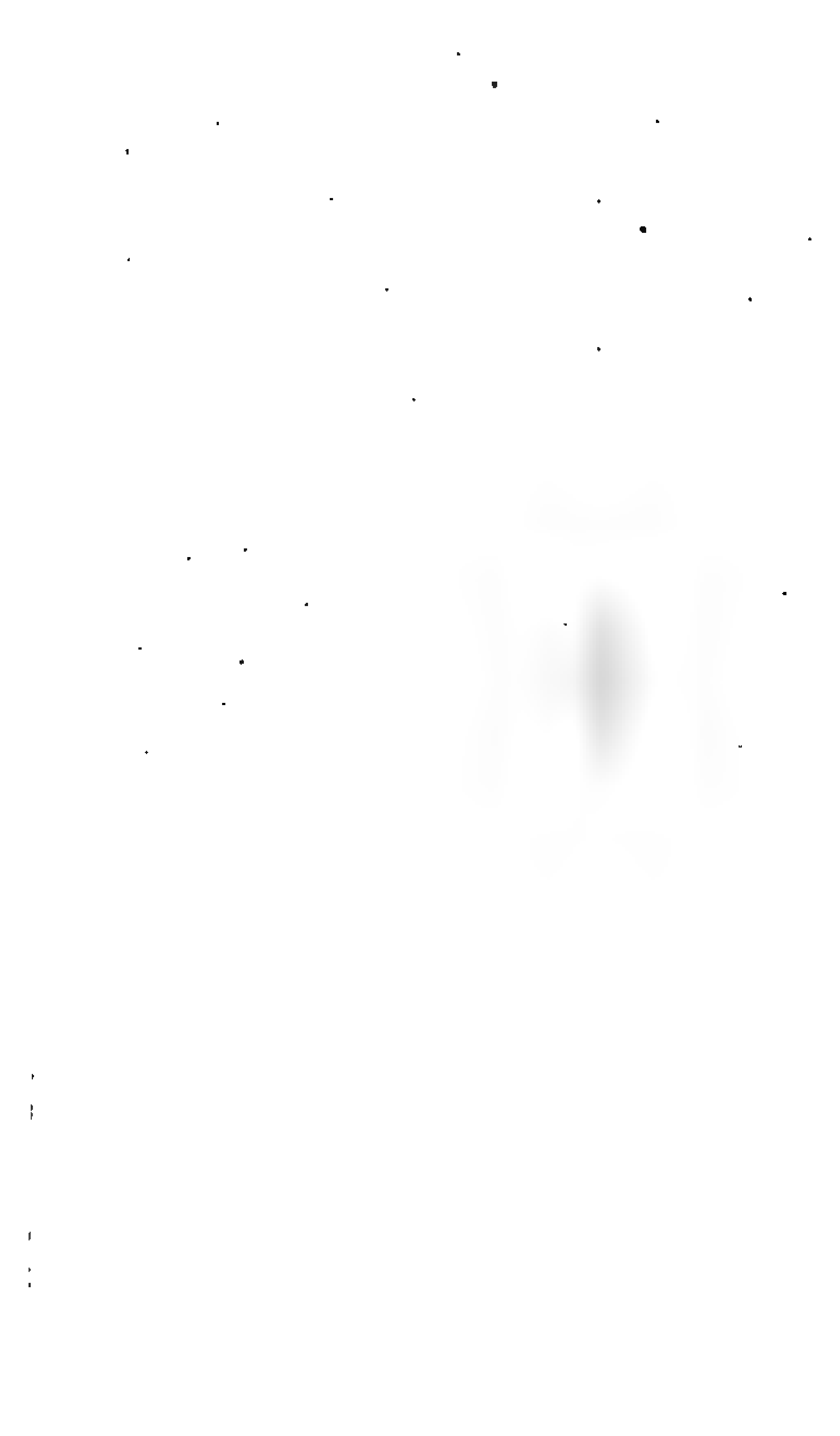
Rastatt, den 12. November 1877.

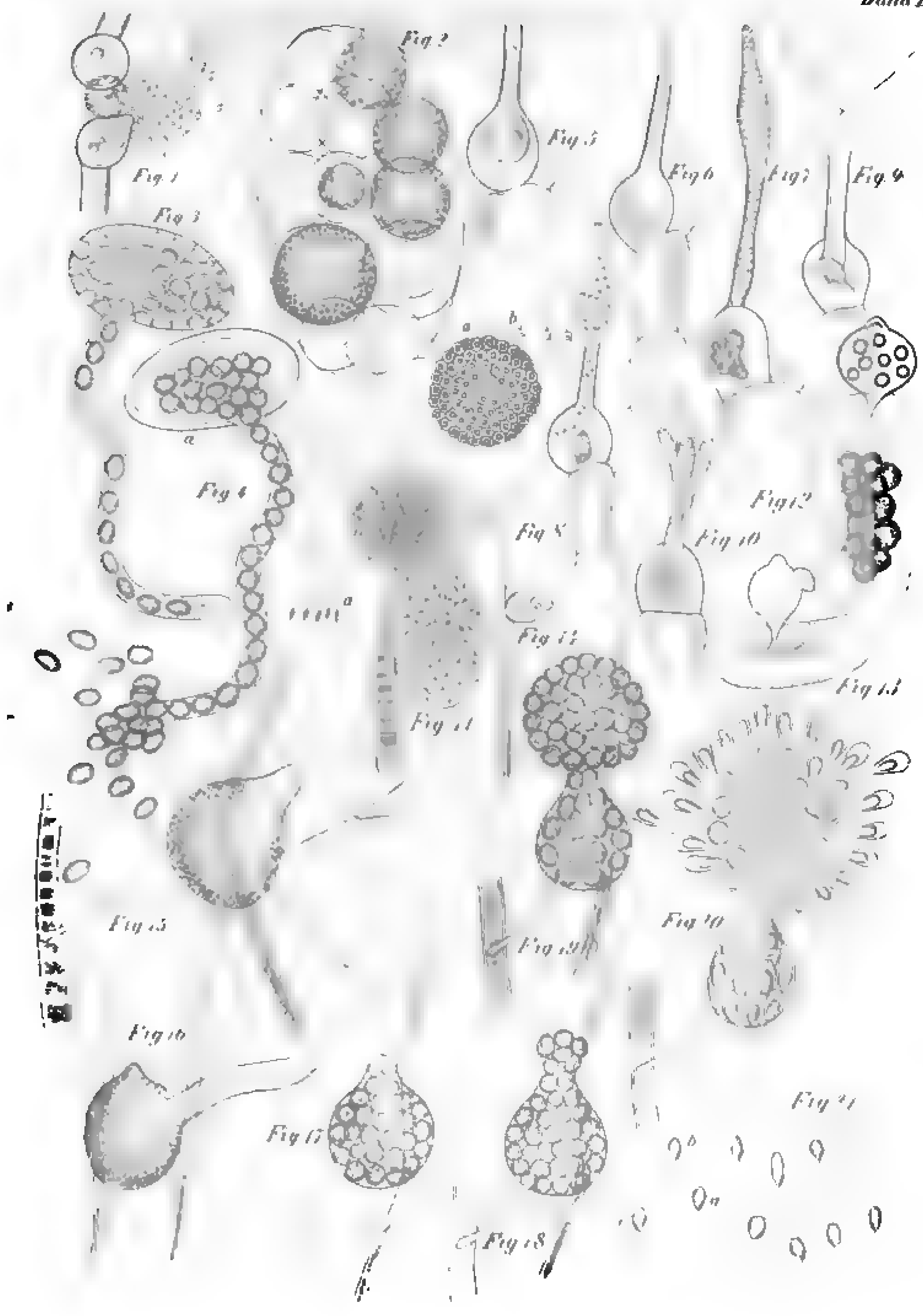
Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.



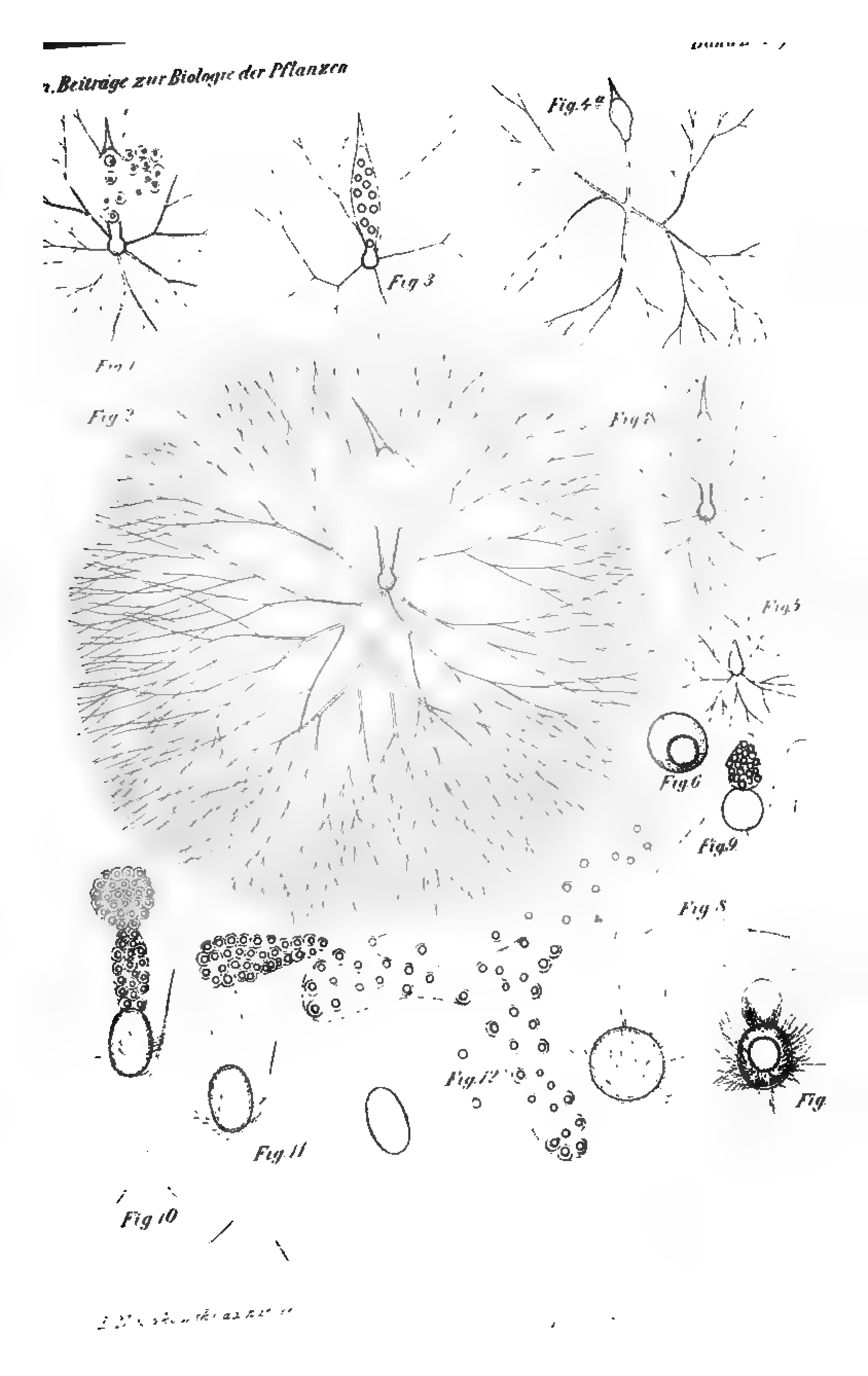
Frankstadt ad nat del

Druck v. Lengfeld Breslau

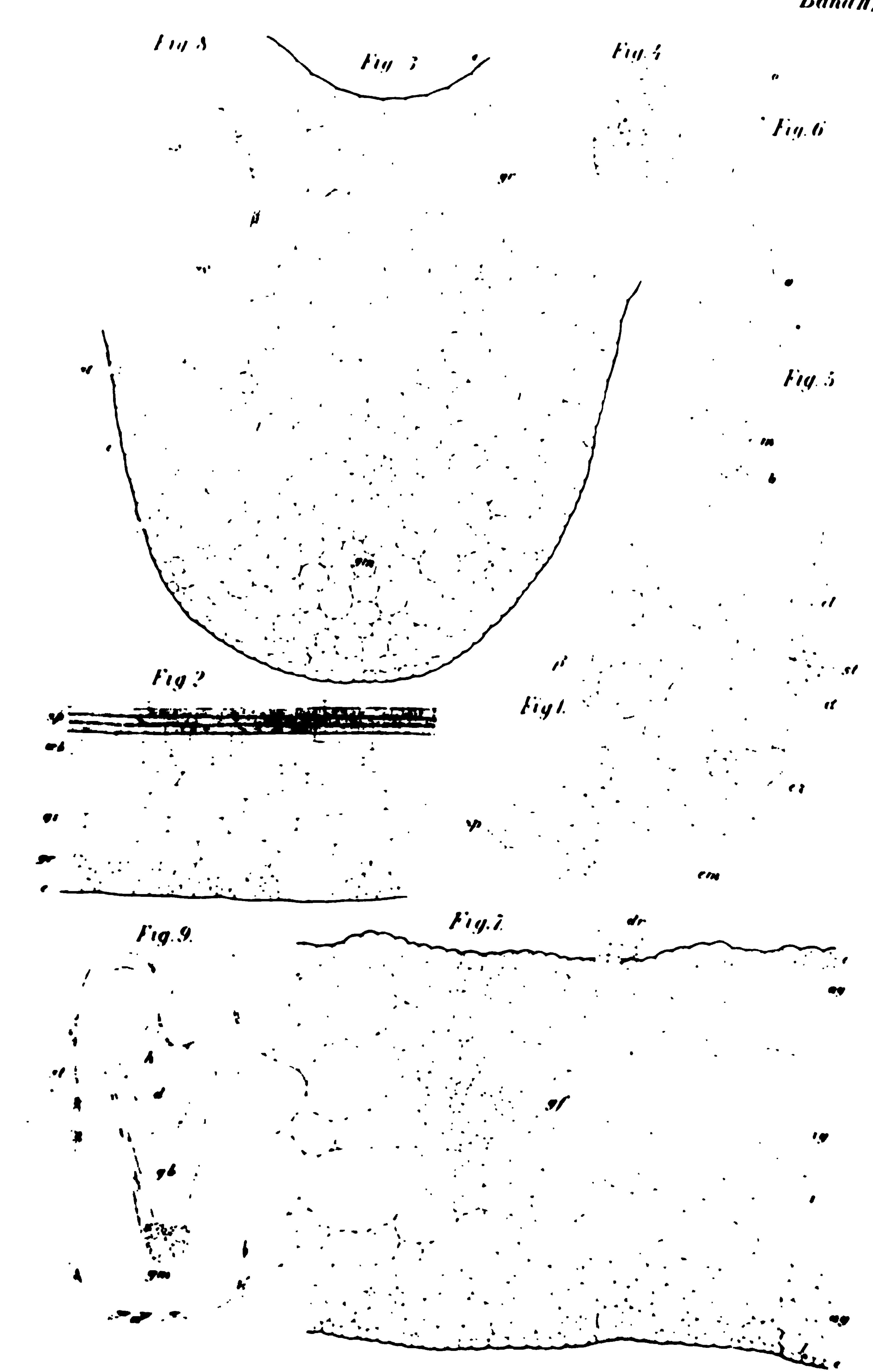



Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 20
Fig. 21




Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4a
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig.

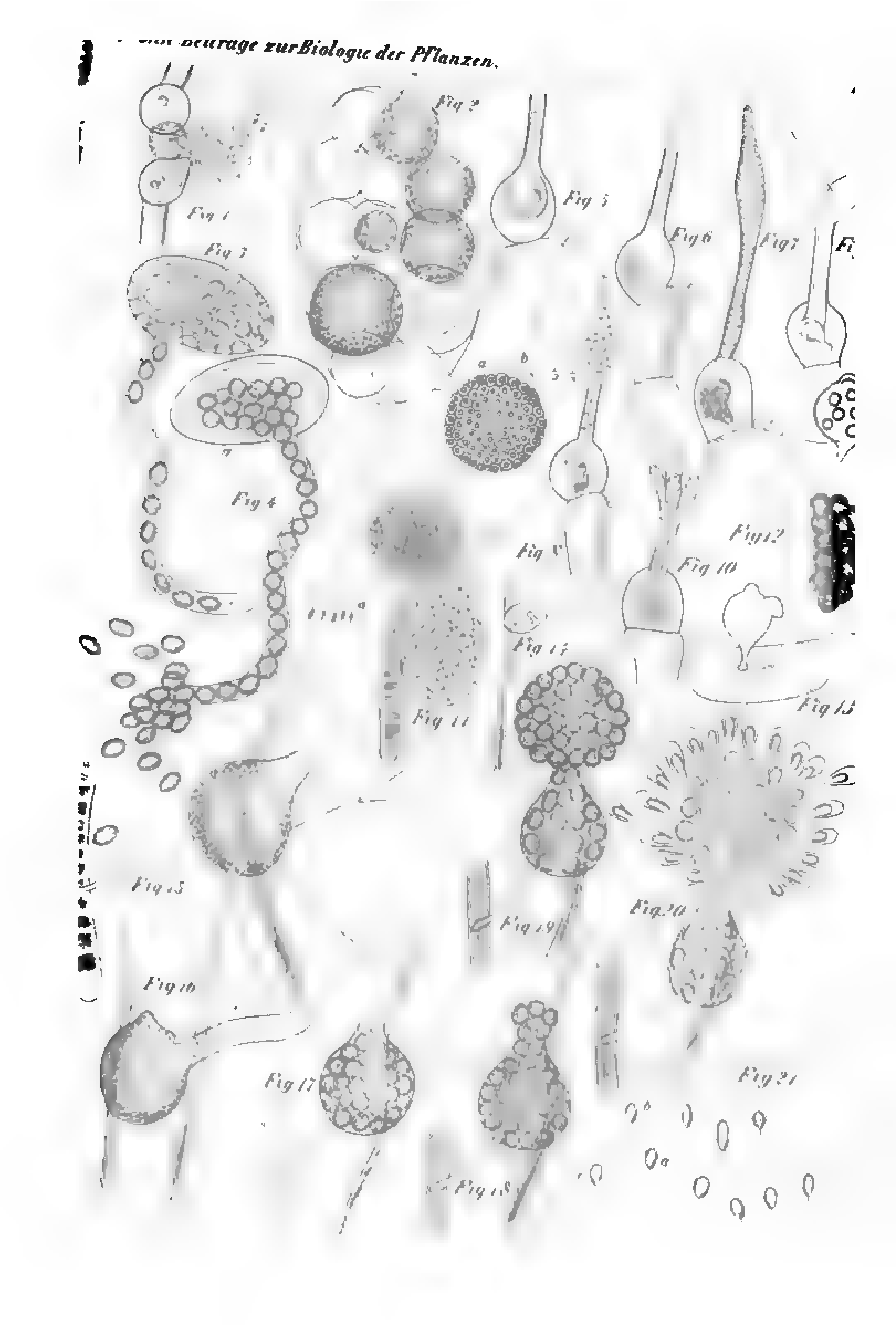



Fig. 8
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 6
Fig. 5
Fig. 2
Fig. 1
Fig. 7
Fig. 9
gr
gm
sp
em
dr
gf
gb
st
ex

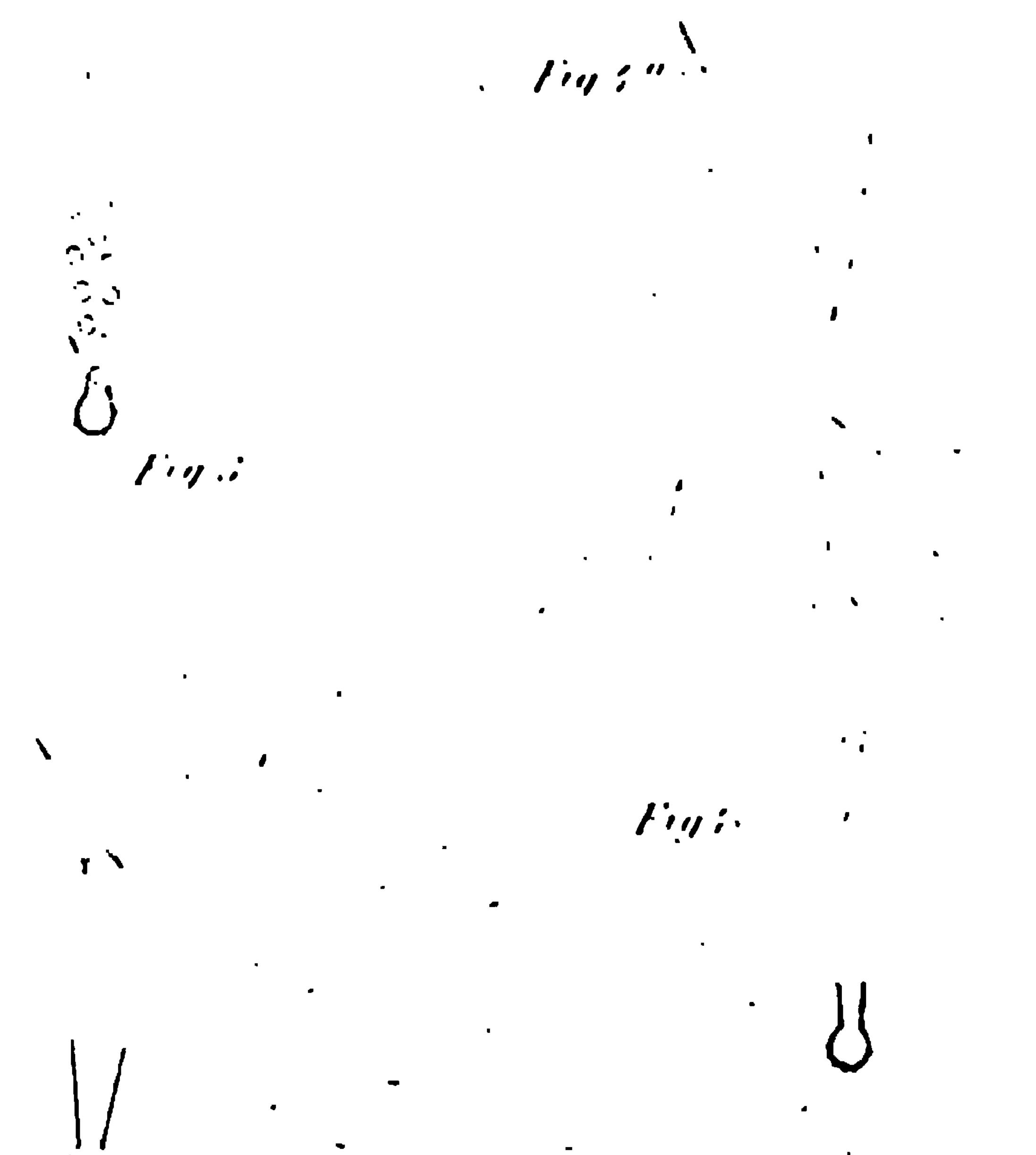


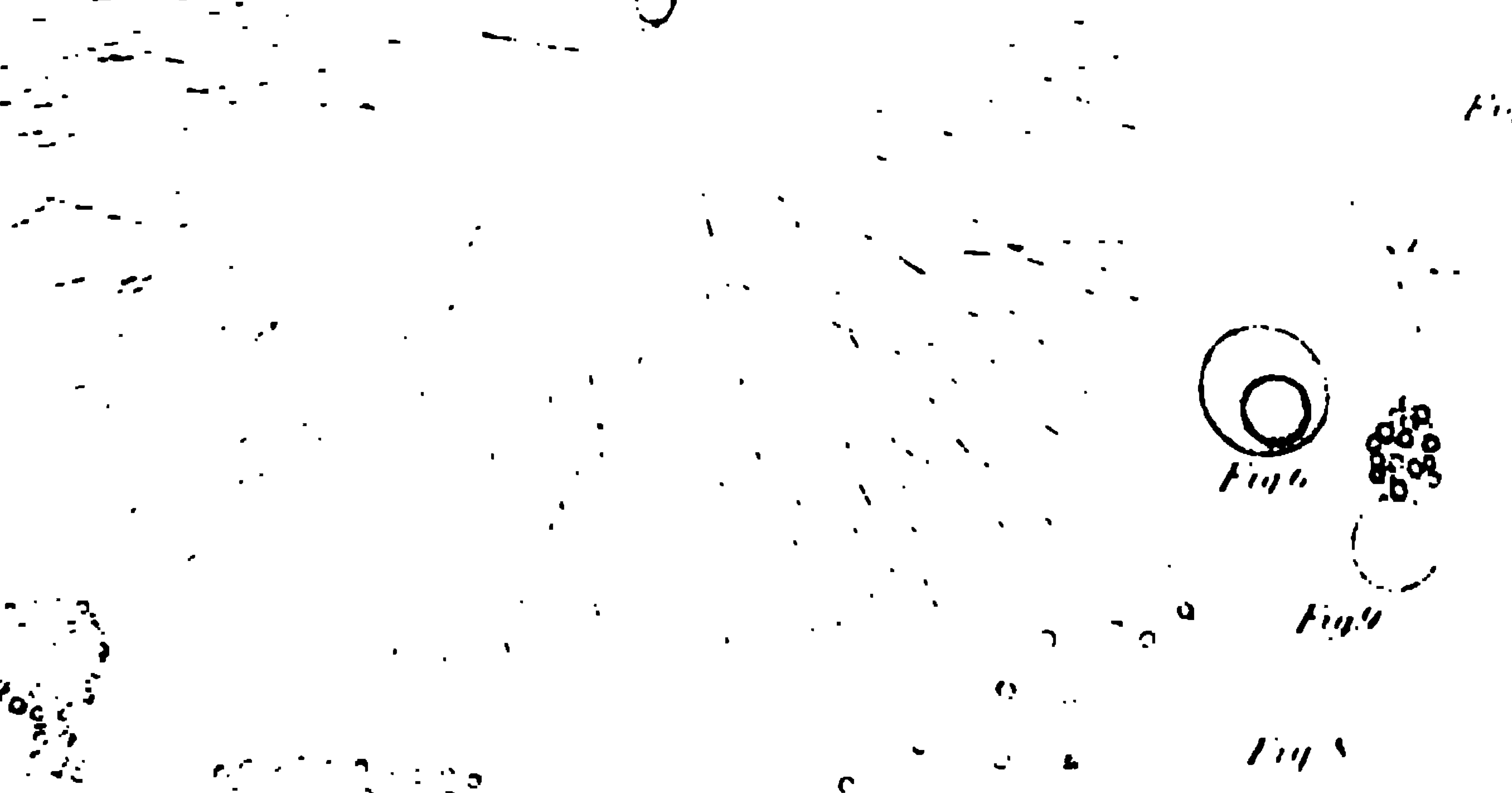


Lith. u. Druck v. E. Leiegnitz(?) Breslau.

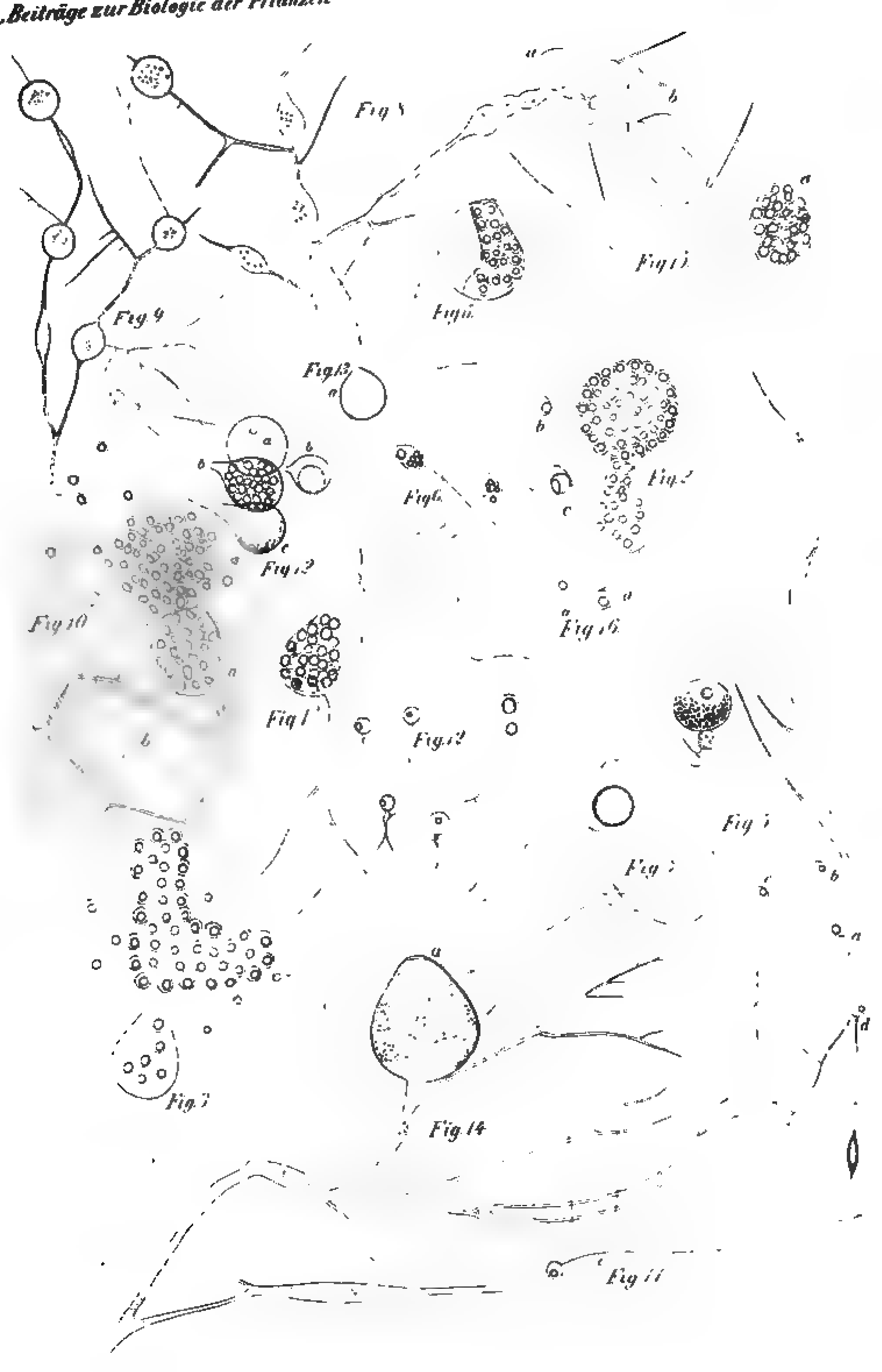

Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Fig 10
Fig 11
Fig 12
Fig 13
Fig 15
Fig 16
Fig 17
Fig 18
Fig 19
Fig 20
Fig 21

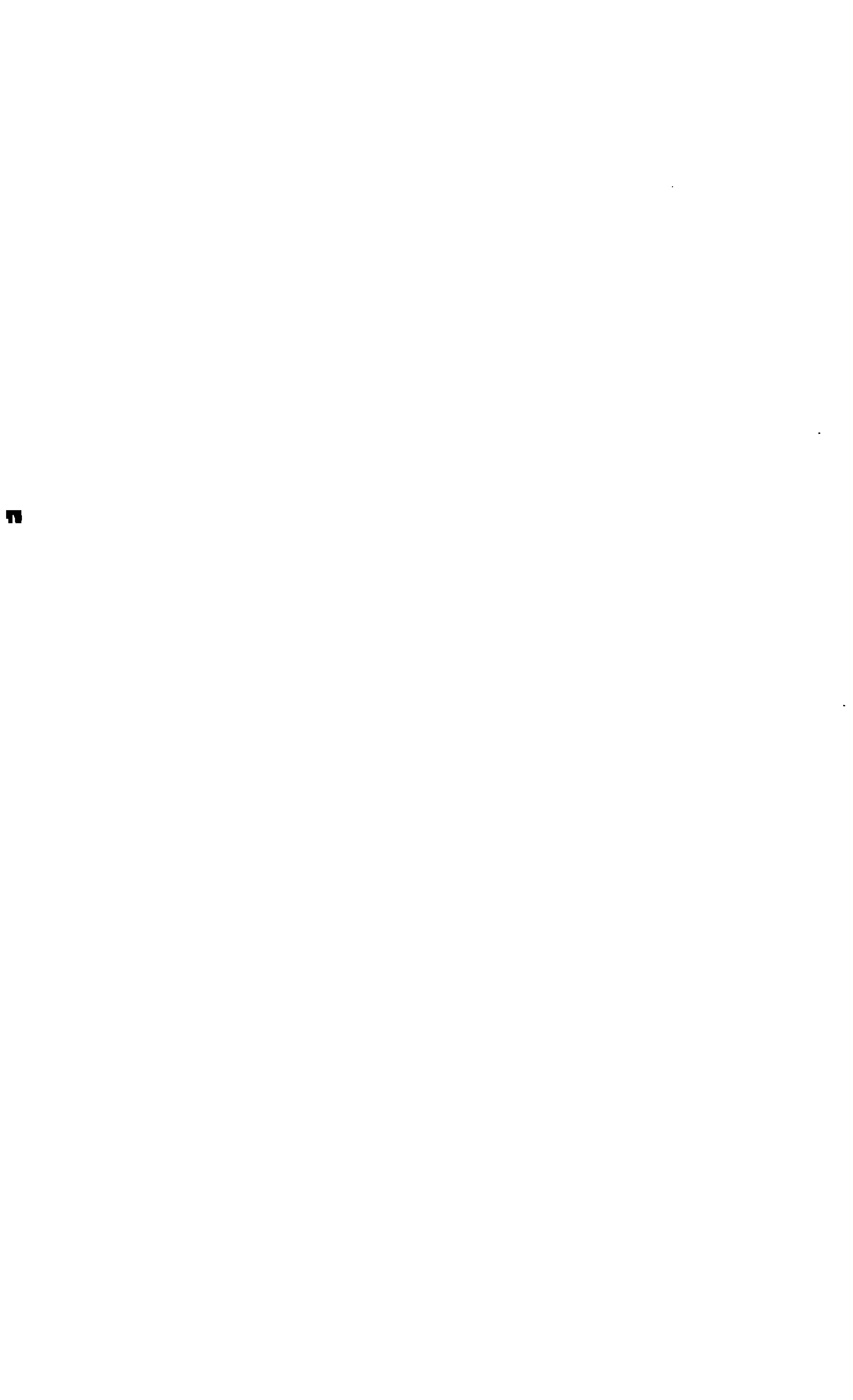








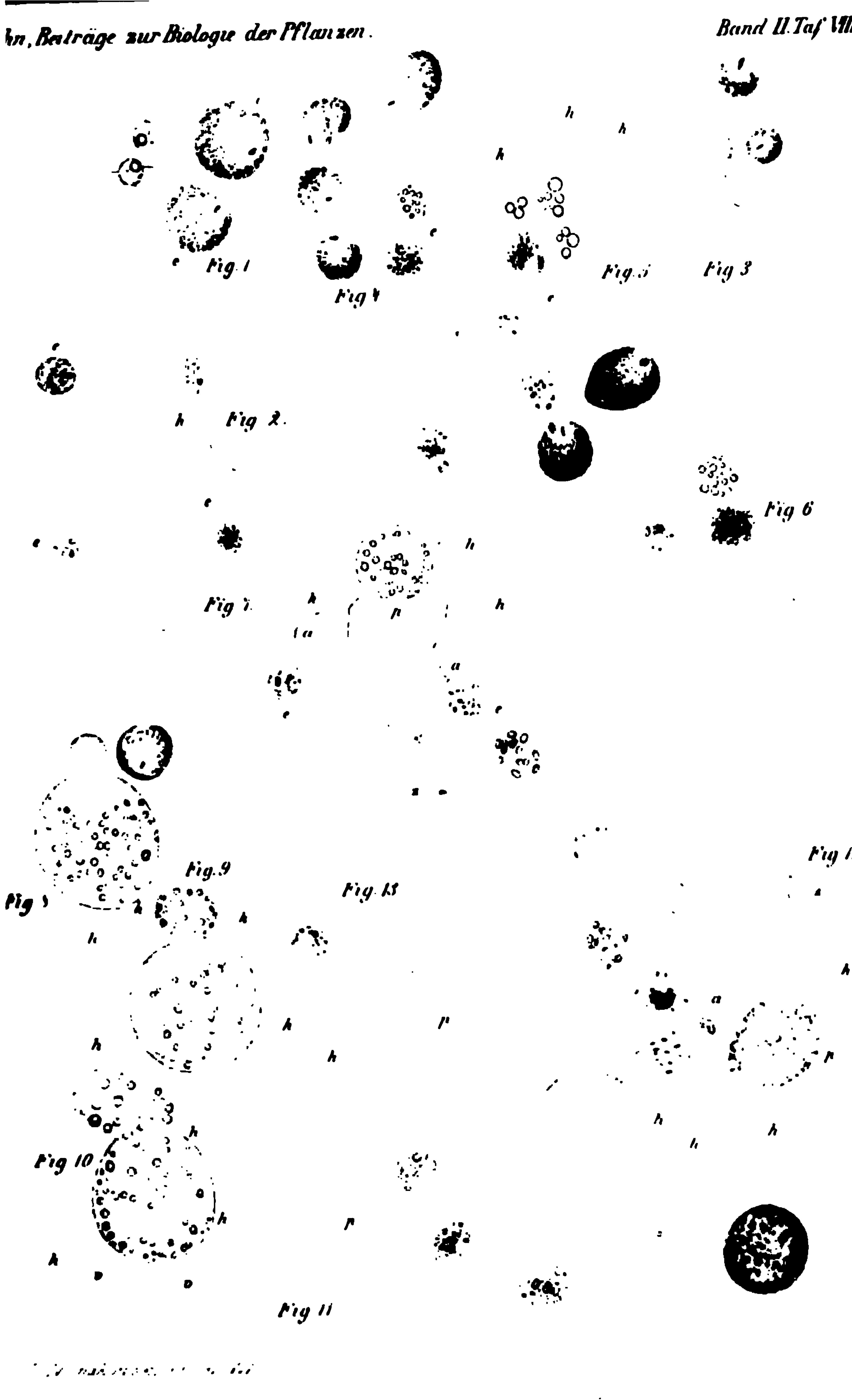

Fig 9
Fig 10
Fig 7
Fig 14
Fig 16
Fig 13
Fig 12
Fig 6
Fig 2
Fig 1





Cohn Beiträge zur Biologie der Pflanzen
Band II
Fig 2
Fig 6
Fig 8
Fig 9
Fig 10




Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 6
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 13
h
e
p
a



L. Nowakowski ad nat. del.

... Breslau



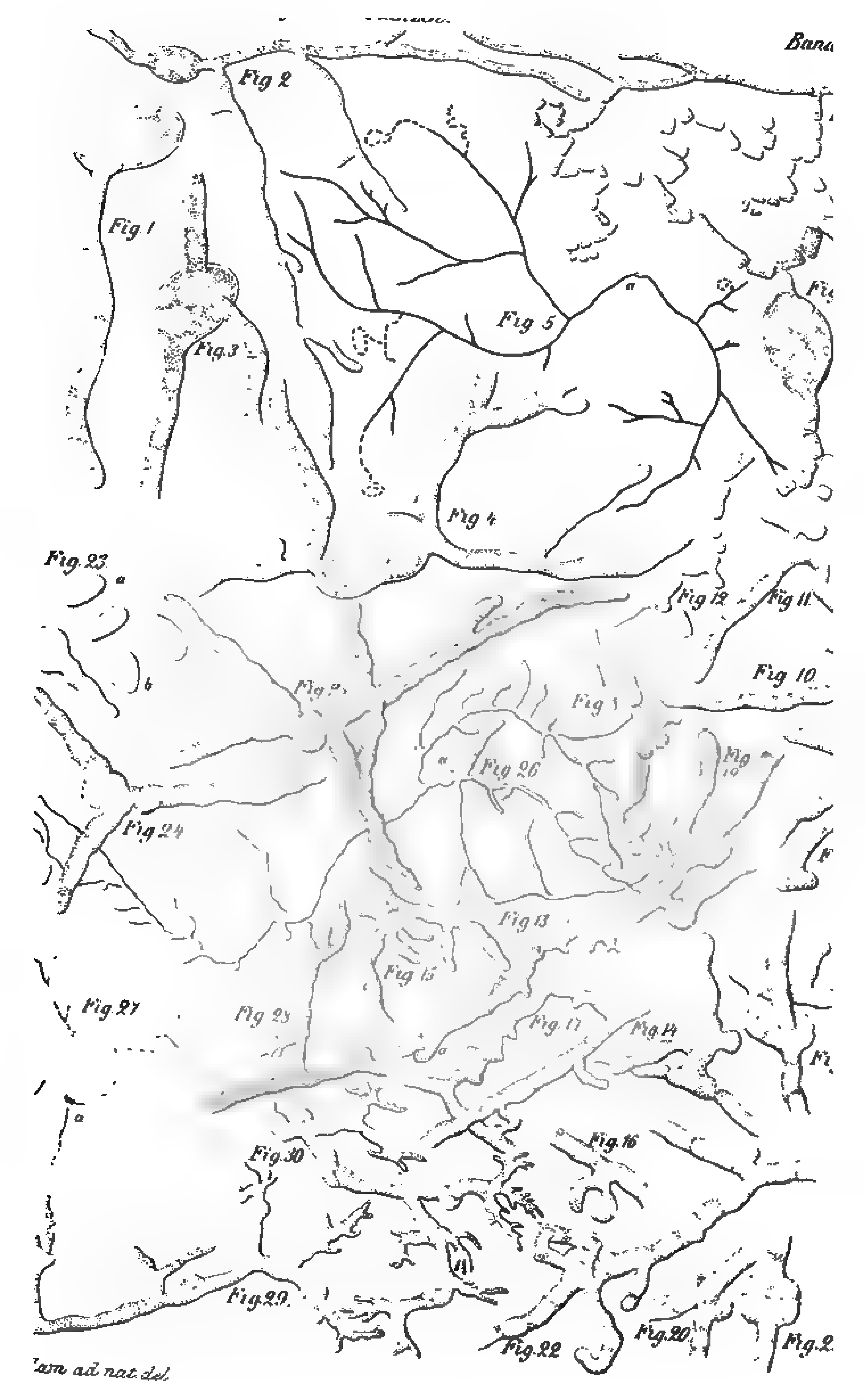


Fig 2
Fig 1
Fig 3
Fig 5
Fig 4
Fig 23
Fig 12
Fig 11
Fig 10
Fig 26
Fig 24
Fig 13
Fig 15
Fig 27
Fig 17
Fig 14
Fig 16
Fig 30
Fig 29
Fig 22
Fig 20
am ad nat. del.



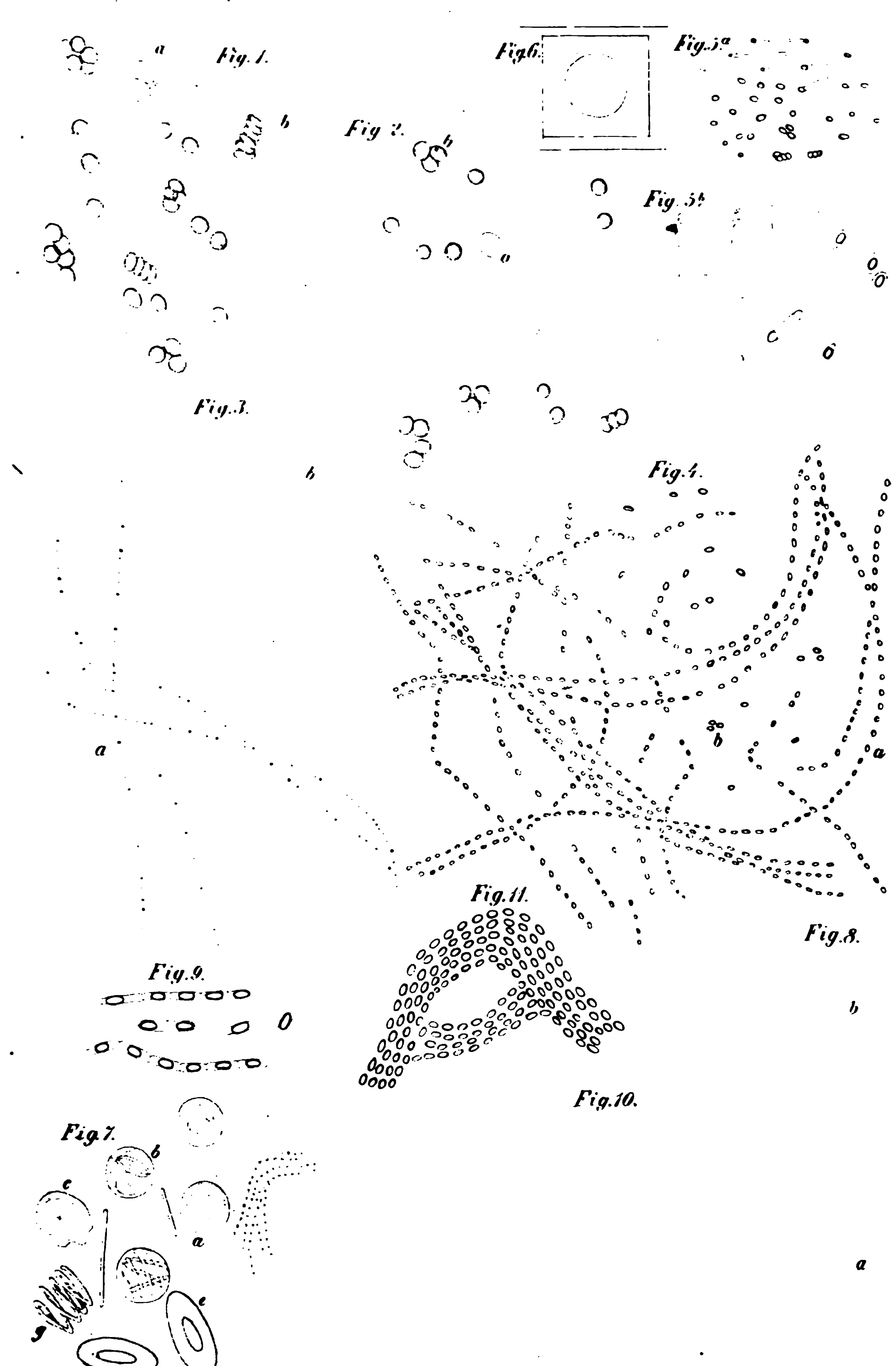
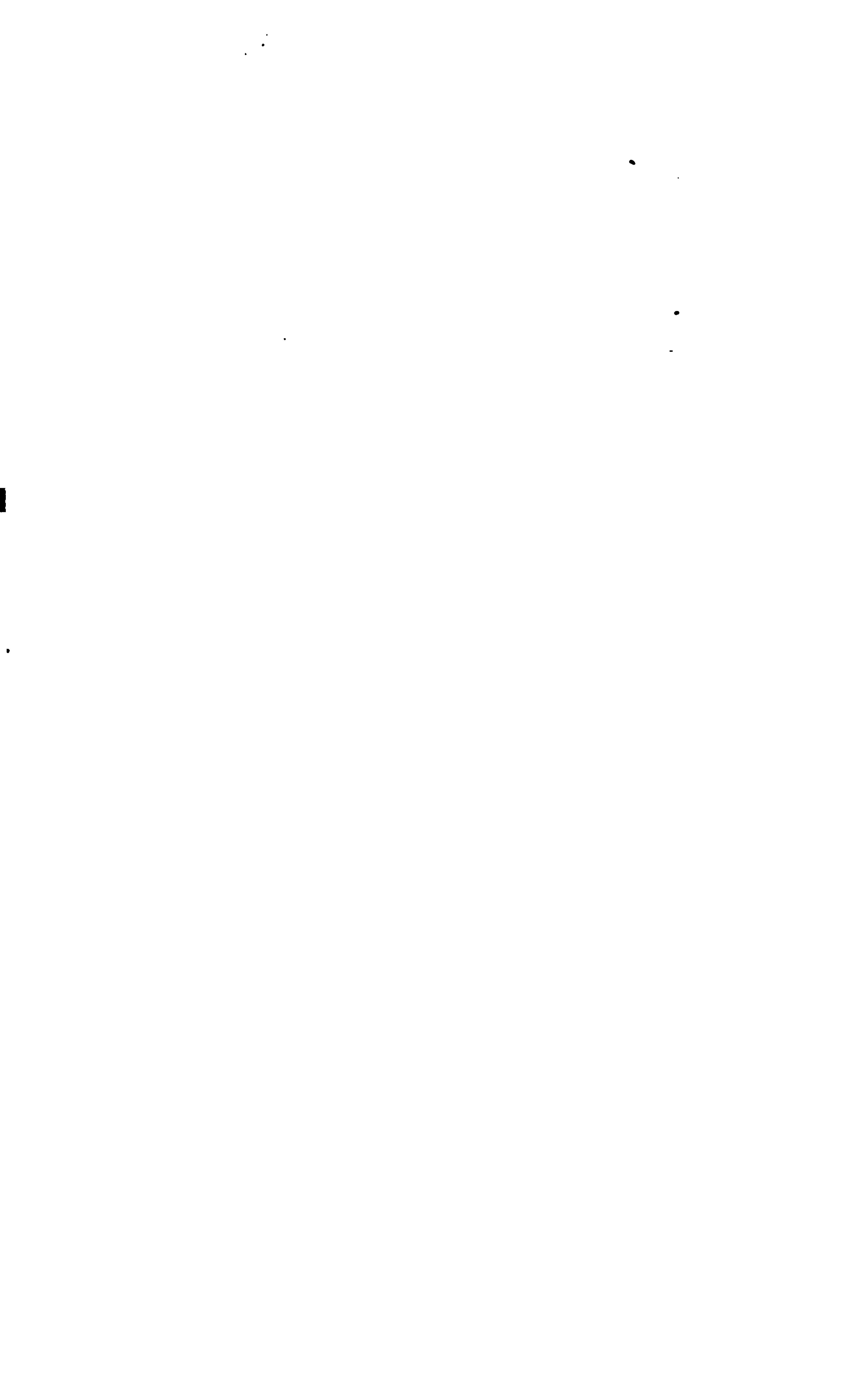

Fig. 1.
a
b
Fig. 2.
b
a
Fig. 6.
Fig. 5a
Fig. 5b
Fig. 3.
b
a
Fig. 4.
b
a
Fig. 11.
Fig. 8.
b
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 7.
b
c
a
e
g
a

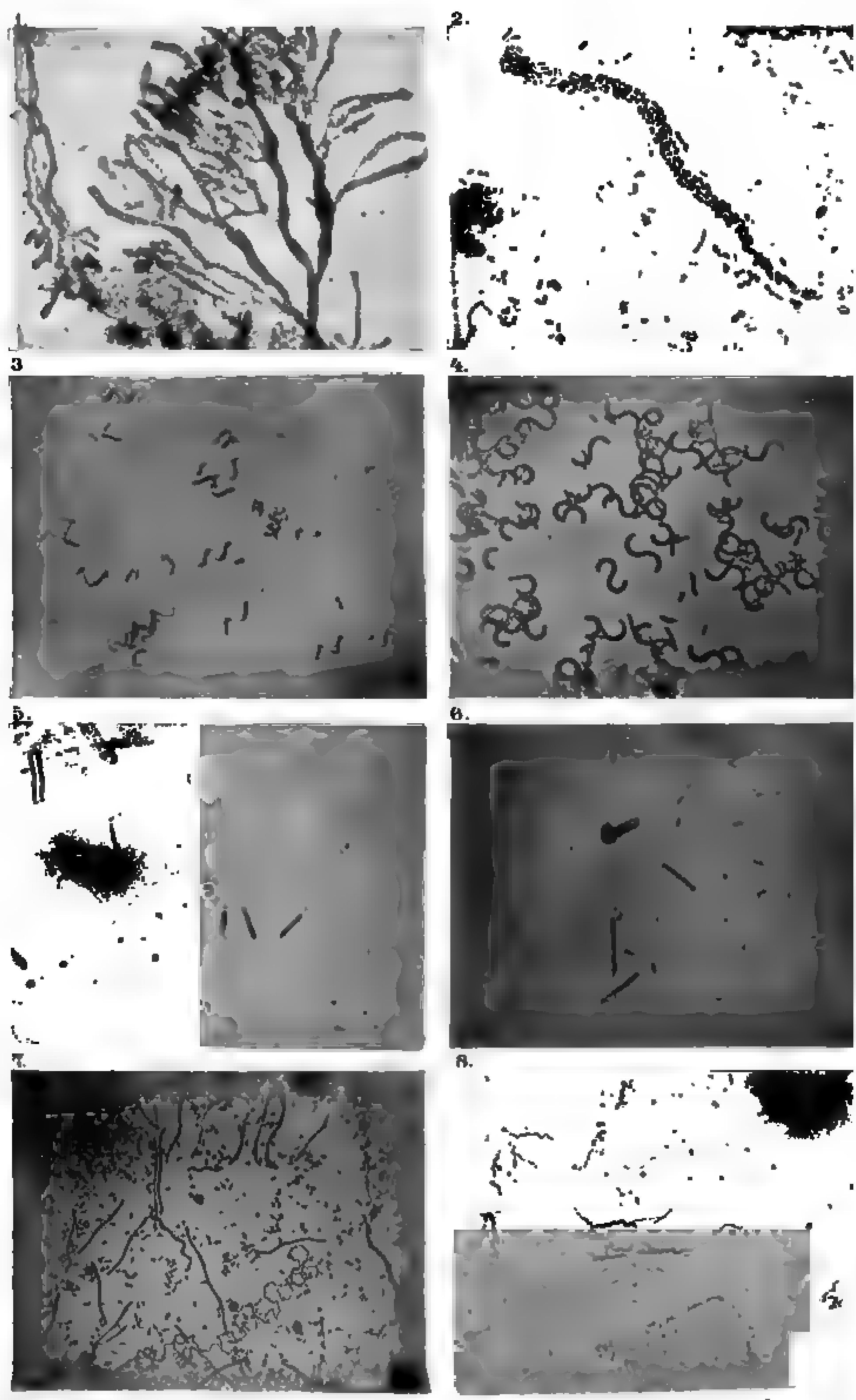



Fig. 1
a.
b.
c.
Fig. 2.
Fig. 3.
a.
b.
Fig. 4.
a.
b.
c.
d.
Fig. 5.
a.
b.
c.
Fig. 6.
a.
b.
c.

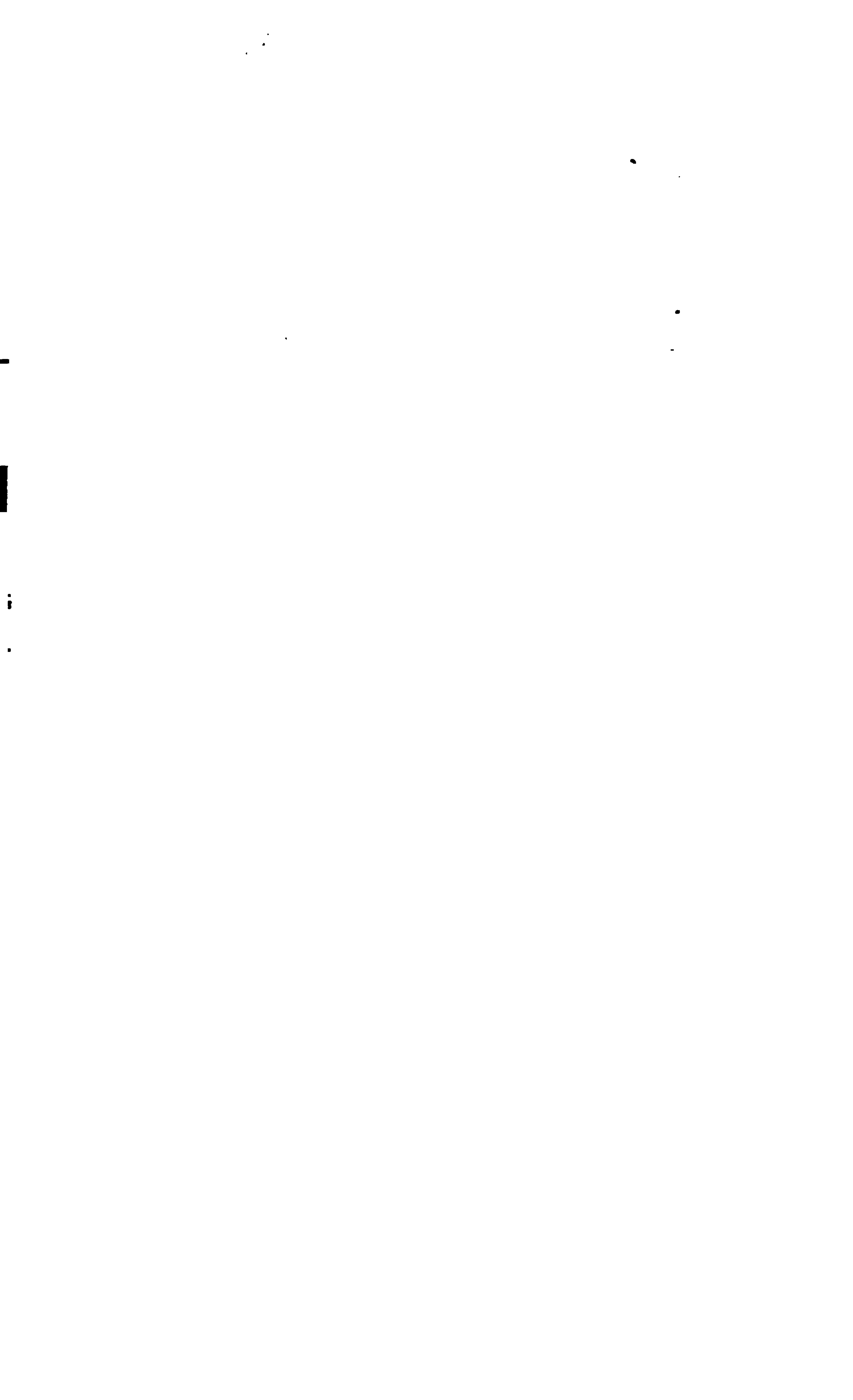


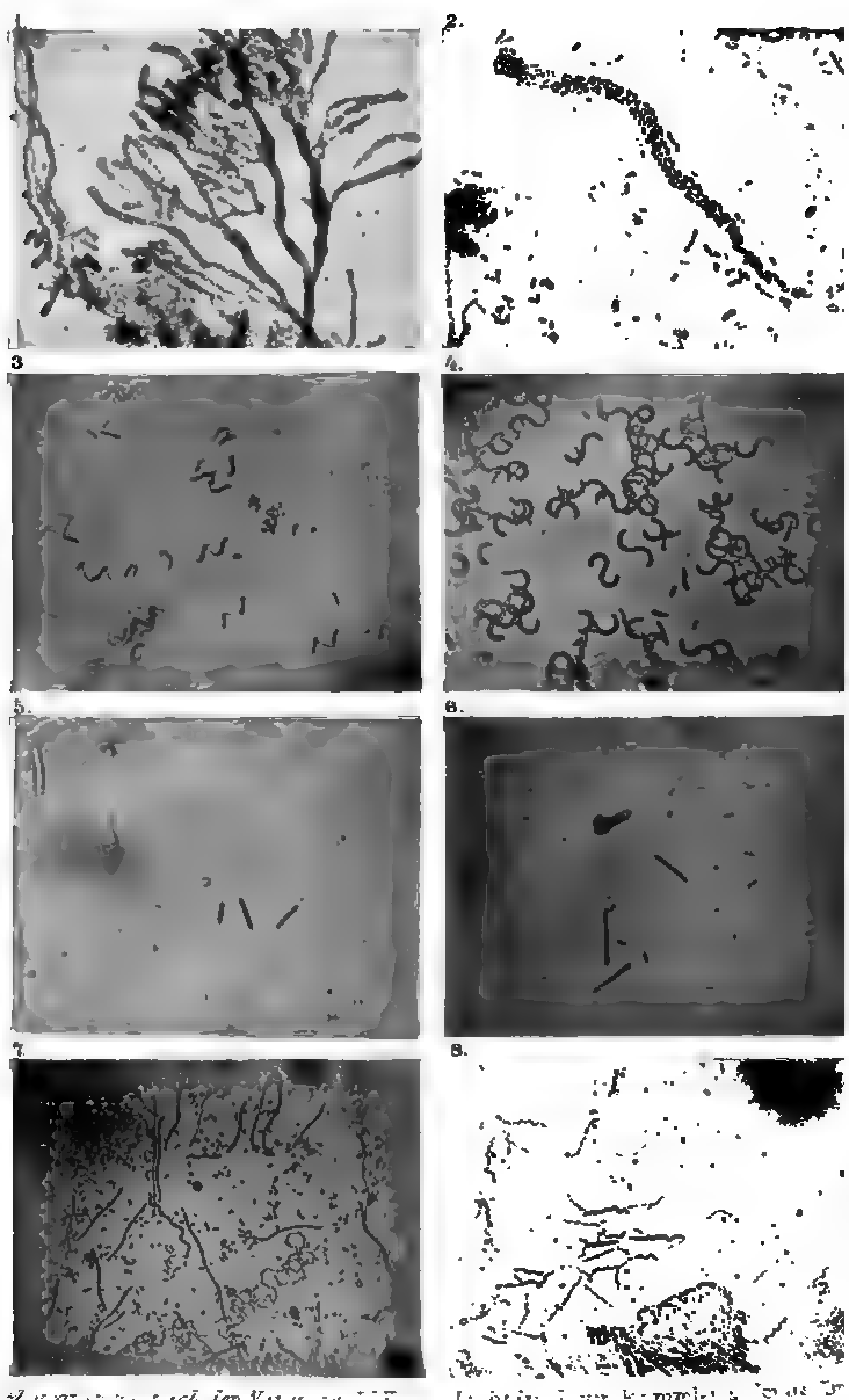






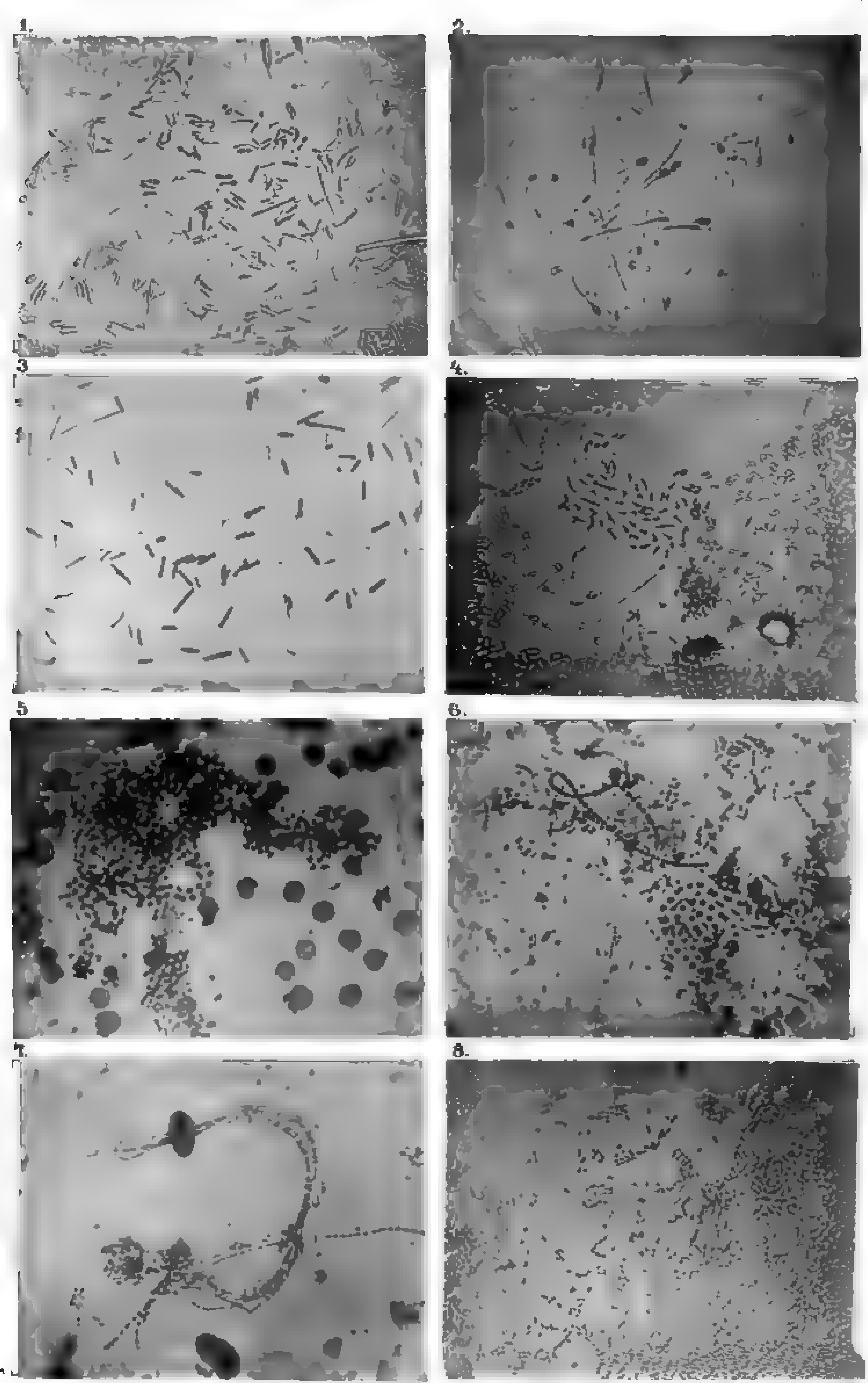
[illegible] der Natur [illegible] von [illegible]





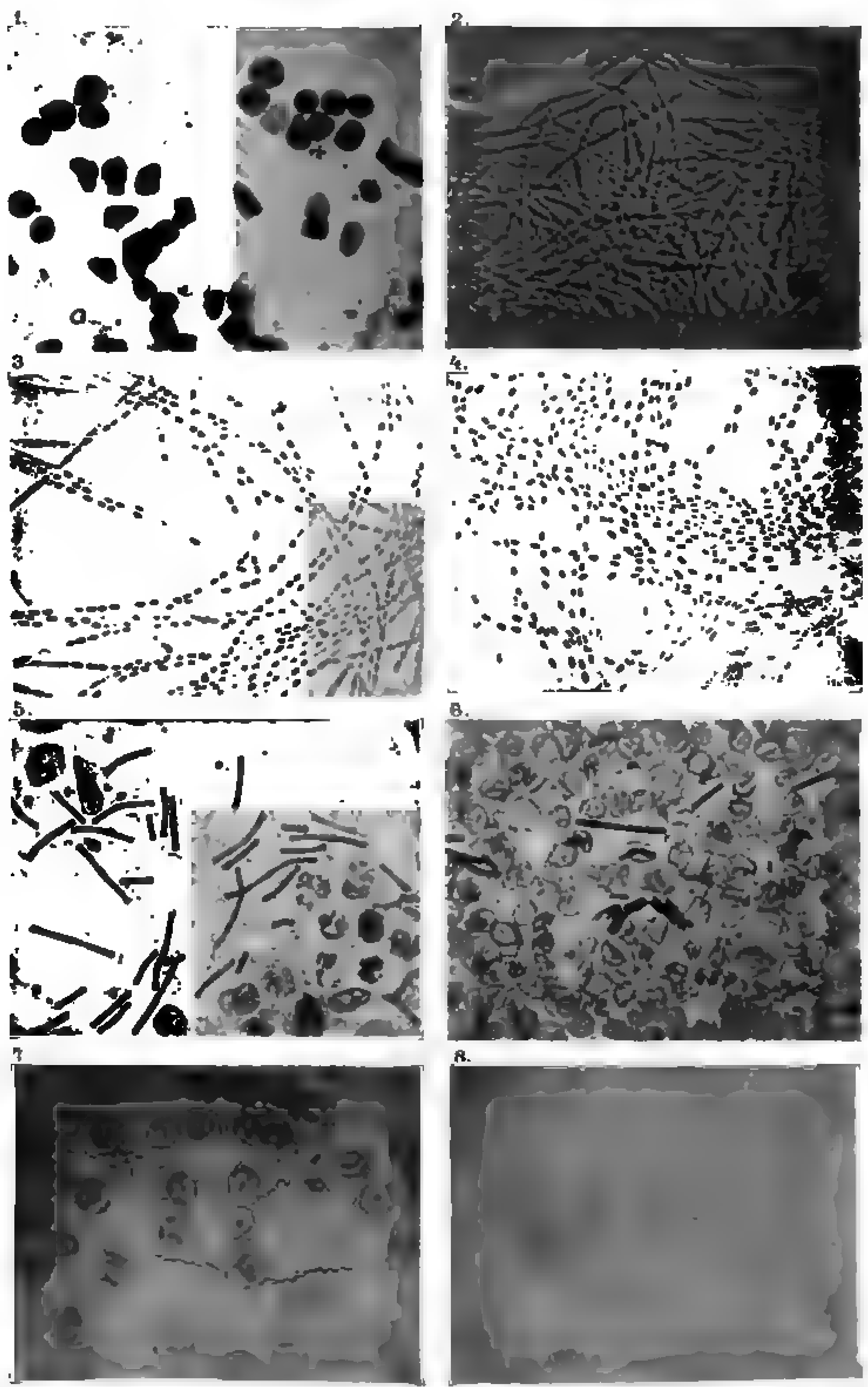
[illegible] der Natur [illegible] [illegible]

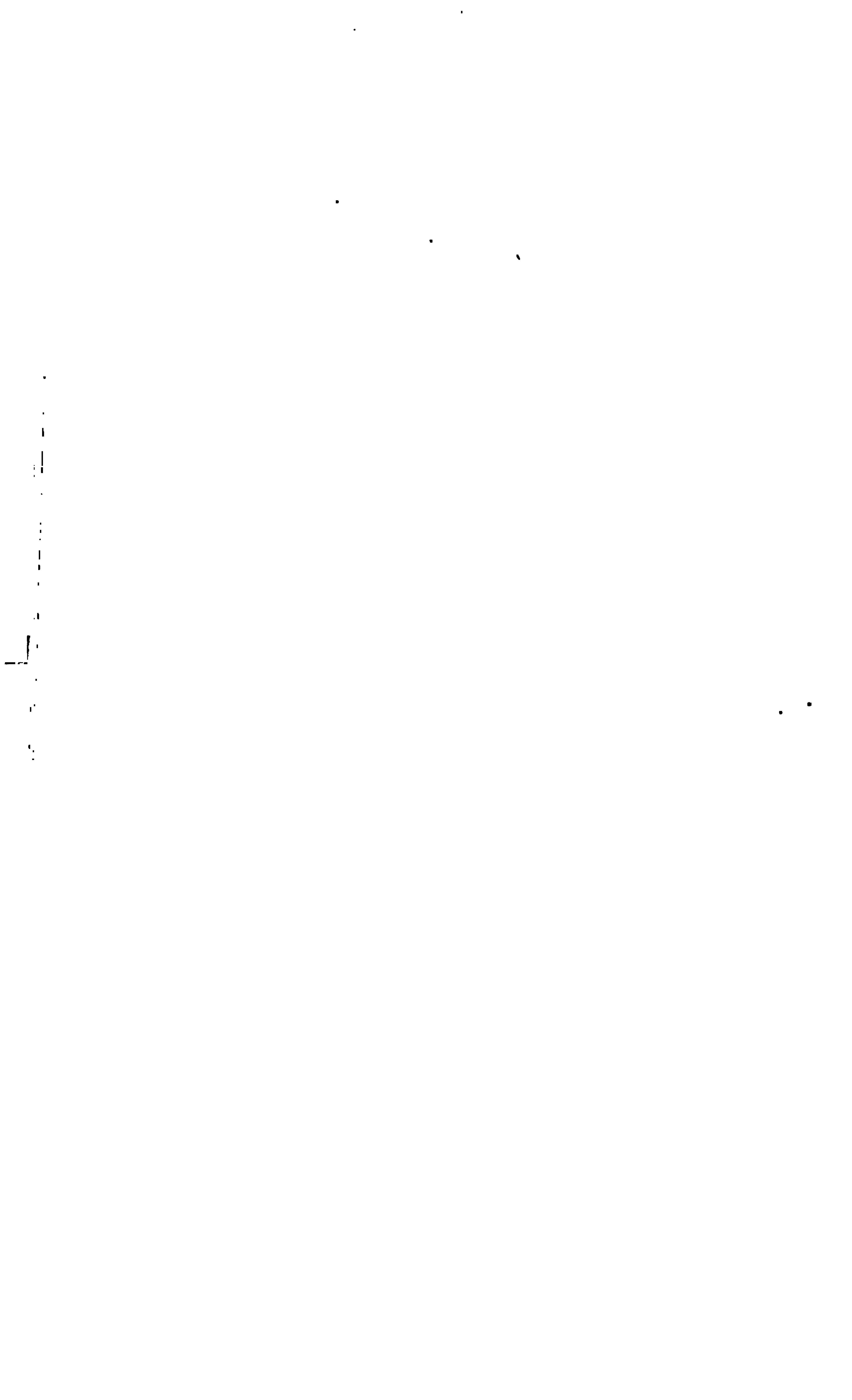




Photogramme nach der Natur von Dr. Koch. Lichtdruck von Römmler & Jonas, Dresd




1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.





Von den „Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, herausgegeben von Dr. Ferd. Cohn," sind bis jetzt erschienen.

Band I. Heft I.

Die Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium. Von Dr. J. Schroeter. (Mit Tafel I–III.) — Ueber [illegible]. Von H. Goeppert und F. Cohn. — Ueber eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel IV und V.) — Ueber die Stammfäule der Pandaneen. Von Dr. [illegible] Schroeter. — Ueber den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel VI.) 1870. **Preis 7 Mark.**

Band I. Heft II.

Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Von Dr. Theophil Ciesielski. (Mit Tafel I.) — Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile. Von Dr. A. B. Frank. — Ueber parasitische Algen. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel II.) — Ueber einige durch Bacterien gebildete Pigmente. Von Dr. J. Schroeter. — Untersuchungen über Bacterien. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel III.) 1872. **Preis 9 Mark.**

Band I. Heft III.

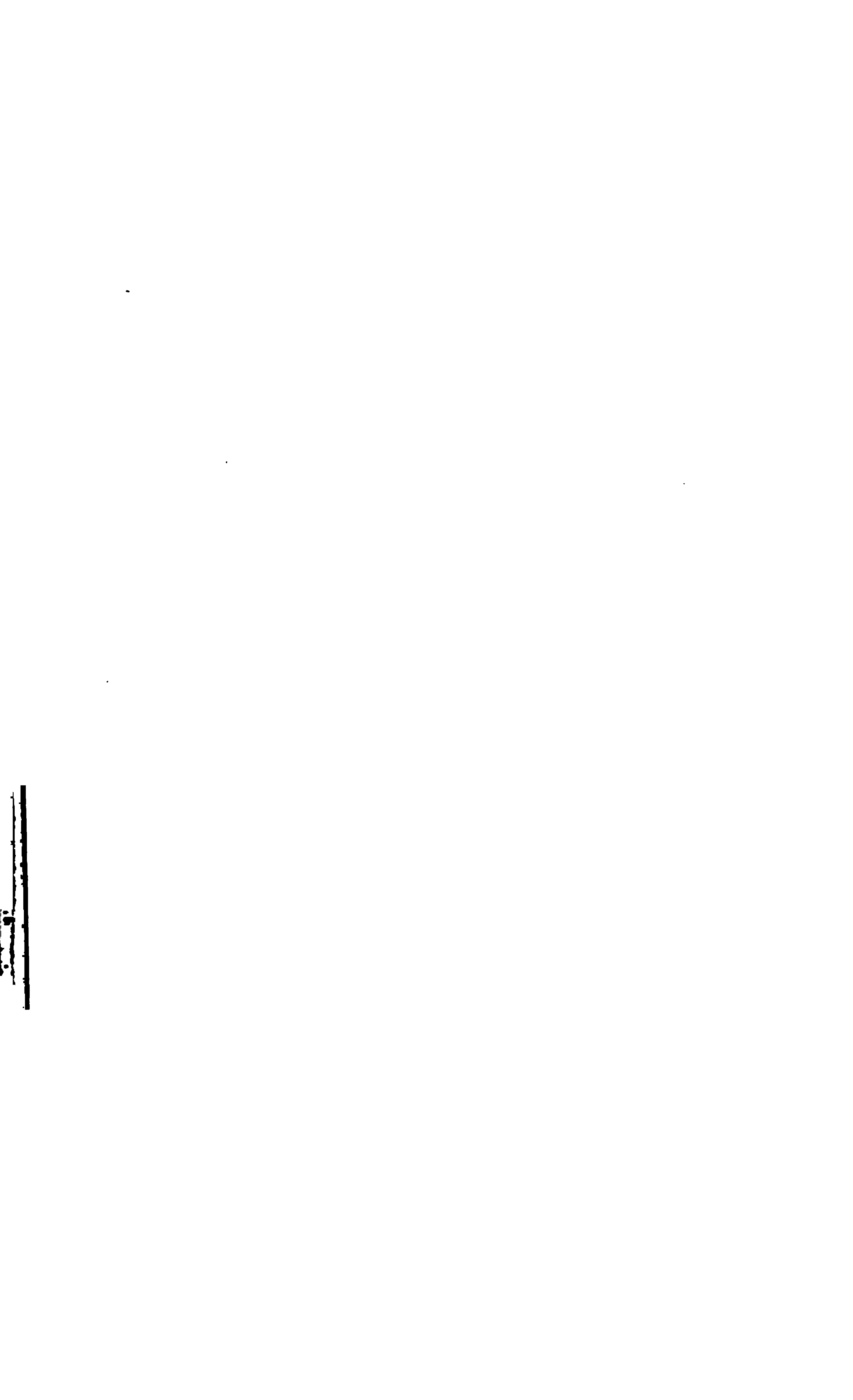
Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze. Von Dr. J. Schroeter. — Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen. Von Dr. L. Just. — Prüfung einiger Desinfectionsmittel durch Beobachtung ihrer Einwirkung auf niedere Organismen. Von Dr. J. Schroeter. — Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes. Von Dr. A. B. Frank. — Ueber die Function der Blasen von *Aldrovanda* und *Utricularia* von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel I.) — Die Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox*. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel II.) — **Untersuchungen über** *Pythium Equiseti*. Von Dr. Richard Sadebeck. (Mit Tafel III und IV.) — Untersuchungen über Bacterien. II. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel V und VI.) — Untersuchungen über Bacterien. III. Beiträge zur Biologie der Bacterien. I. Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwickelung von *Bacterium Termo* Duj. Von Dr. Eduard Eidam. 1875. **Preis 11 Mark.**

Band II. Heft I. 1876. Preis 7 Mark.
Band II. Heft II. 1876. Preis 10 Mark.
Band II. Heft III. 1877. Preis 12 Mark.

Der Inhalt der einzelnen Hefte von Band II. ist aus dem dem vorliegenden Hefte beigegebenen Inhaltsverzeichnisse zum ganzen Bande ersichtlich.

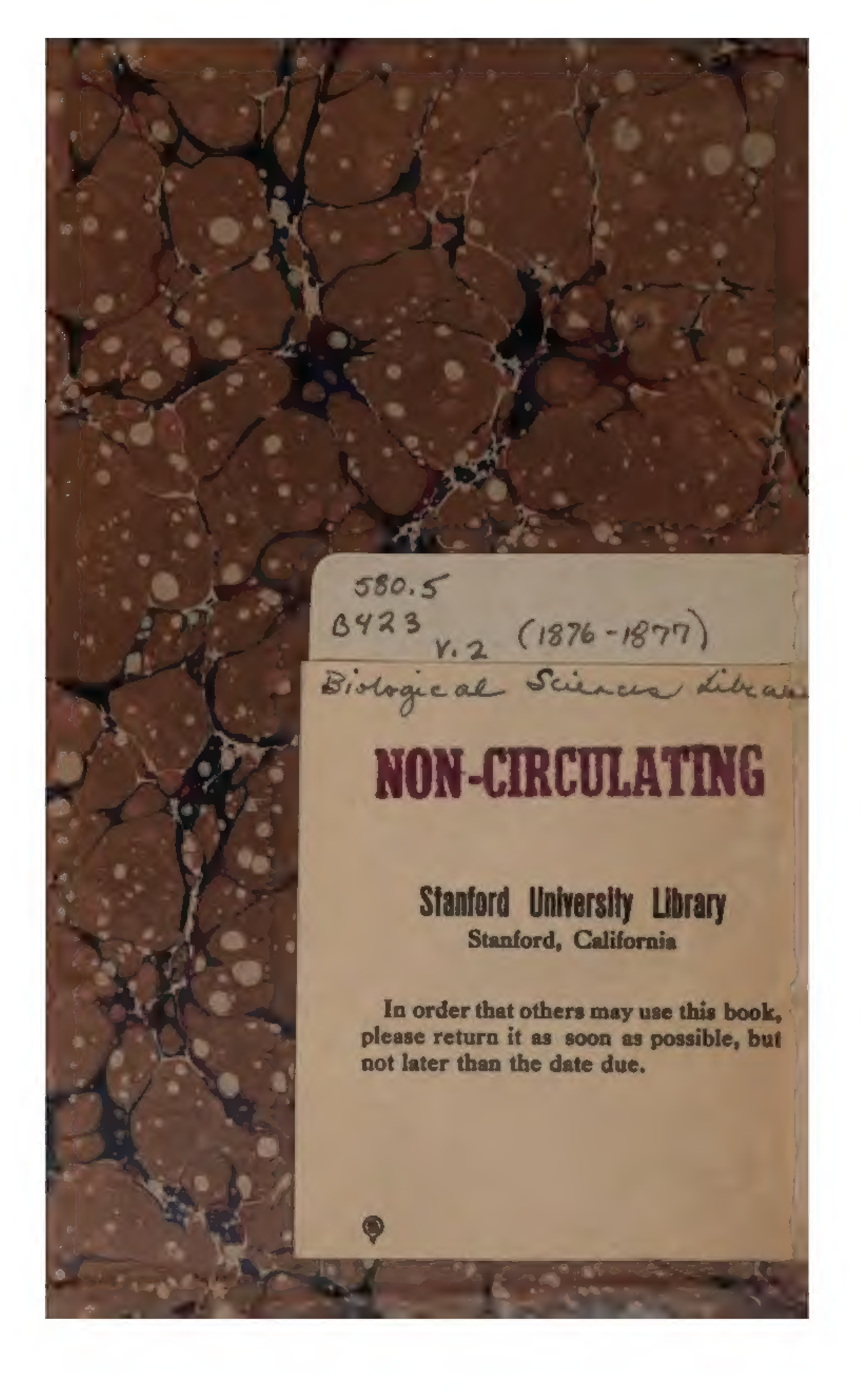
Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.











580.5
B423
v. 2 (1876-1877)
Biological Science Library
NON-CIRCULATING
Stanford University Library
Stanford, California
In order that others may use this book, please return it as soon as possible, but not later than the date due.

